

**DISPOSITIF D’AFFICHAGE A ECRAN DE TYPE NEMATIQUE
BISTABLE OPTIMISANT LE NOIR ET PROCEDE DE DEFINITION DE
CE DISPOSITIF**

DOMAINE DE L’INVENTION

5 La présente invention concerne le domaine des dispositifs d’affichage à cristal liquide et plus précisément la configuration optique d’un afficheur nématique bistable fonctionnant selon un mode optique qui optimise l’état noir de cet afficheur.

BUT DE L’INVENTION

10 Le but de l’invention est d’obtenir un afficheur bistable avec un état noir de très bonne qualité, c’est à dire un afficheur ayant dans cet état une très faible transmission optique, tout en tenant compte de certaines contraintes susceptibles d’être imposées à la cellule.

15 Généralement le mode optique pour lequel la qualité du noir est prépondérante est le mode transmissif, mais les configurations optiques calculées ici permettent également de réaliser un écran fonctionnant selon un mode transflectif ou réflectif.

ETAT DE LA TECHNIQUE

20 **Afficheur à cristal liquide bistable commutant entre deux textures différant de 180°**

Le type d’afficheur à cristal liquide bistable considéré dans cette invention est un afficheur qui commute entre deux textures, stables sans champ électrique appliqué (d’où sa bistabilité),
25 différent entre elles d’un angle de π . Pour l’une des textures, l’angle ϕ_U que font les directeurs des molécules de cristal liquide sur les deux surfaces de la cellule entre eux, est de l’ordre de 0 à $\pm 20^\circ$. Les molécules restent presque parallèles entre elles, et nous appellerons cette texture U. La seconde texture T présente un
30 angle de torsion $\phi_T = \phi_U \pm \pi$. Les molécules effectuent, dans cette

texture T, une rotation d'environ $\pm 180^\circ$ ($\pm 20^\circ$) entre les deux surfaces de la cellule.

Le cristal liquide nématique est chiralisé de façon à présenter un pas spontané p_0 proche de quatre fois l'épaisseur d de la cellule, pour égaliser les énergies des deux textures. Le rapport entre l'épaisseur d de la cellule et le pas spontané p_0 , soit d/p_0 , est donc environ égal à $0,25 \pm 0,1$, de préférence $0,25 \pm 0,005$. Sans champ électrique, ce sont les états d'énergie minimale.

10 A ce jour deux afficheurs utilisant ce principe ont été décrits.

Le document [1] décrit un afficheur qui réalise une commutation entre les deux textures U et T en appliquant une impulsion de champ électrique de forme précise. Cet afficheur est basé sur une cassure de l'ancrage zénithal de la molécule de cristal liquide, sur une des surfaces d'alignement (documents [2] et [3]), c'est à dire que la molécule est levée par le champ électrique avant de retomber d'un côté ou de l'autre, permettant ainsi l'obtention des deux textures U et T. Dans ce cas, la structure des électrodes nécessaires à l'application du champ est standard, identique à celle utilisée pour les afficheurs cristaux liquides de type TN ou STN. Cet afficheur est dénommé généralement BiNem®.

25 Le document [4] décrit un afficheur qui utilise également une cassure d'ancrage et un type particulier d'électrodes (dénommé « comb shaped electrodes »), permettant d'obtenir une composante du champ électrique latéral, c'est à dire parallèle au substrat. La commutation entre les deux textures est effectuée dans ce cas par un effet qualifié par l'auteur de cassure d'ancrage azimutal (documents [5] et [6]).

La méthode de commutation n'est pas essentielle pour la présente invention. En effet quelque soit le mode de commutation (cassure d'ancrage zénithal ou azimutal), les textures des molécules de cristal liquide sont les mêmes, la commutation
5 s'opérant entre deux textures tordues, l'une faiblement tordue d'angle ϕ_U , nommée U, et l'autre fortement tordue d'angle $\phi_T = \phi_U \pm \pi$ prénommée T. Et le comportement optique de l'afficheur dépend uniquement des textures des molécules de cristal liquide.

Modes optiques de tels afficheurs

10 On a schématisé sur la figure 1 annexée un afficheur à cristal liquide du type décrit précédemment, auquel peut s'appliquer la présente invention.

Cet afficheur comprend :

- . un polariseur analyseur 10 côté observateur,
- 15 . deux plaques 20, 30 confinant les molécules de cristal liquide nématique séparées d'une distance d, et
- . un polariseur 40 disposé sur l'arrière de l'afficheur, soit à l'opposé de l'observateur.

On a représenté sur la figure 1 un repère orthonormé x' , y'
20 z' , dont les directions x' et y' définissent un plan perpendiculaire à la direction de propagation des rayons lumineux et z' est parallèle à cette direction de propagation.

Le directeur nématique des molécules sur la plaque 20 (c'est à dire la direction d'ancrage sur cette plaque 20) est référencé 22.
25 Le directeur nématique sur la plaque 30 est référencé 32.

Les ancrages sur les plaques 20 et 30 sont adaptés pour permettre une commutation des molécules de cristal liquide nématique entre deux états respectivement stables U et T, qui diffèrent entre eux d'une torsion de l'ordre de π , par application de
30 signaux électriques appliqués sur des électrodes prévues sur les

plaques 20 et 30, selon les modalités connues décrites dans les documents précités.

Une telle cellule est caractérisée par :

- son retard $\Delta n d$, produit de la différence d'indice Δn du cristal
5 liquide par l'épaisseur d de la cellule,
- sa torsion ϕ ,
- les angles P et A que font respectivement le polariseur arrière 40 ou P d'entrée et le polariseur analyseur 10 ou A de sortie (analyseur) avec un repère fixe (qui selon la figure 1 coïncide
10 arbitrairement avec l'axe x').

Le polariseur de sortie 10, situé du côté de l'observateur est toujours de type transmissif. Le mode optique est déterminé par la nature du polariseur arrière 40:

- . En mode purement transmissif, l'écran opère comme une
15 diapositive, l'architecture optique est : source - écran - observateur . Le polariseur 40 est de type transmissif.
- . En mode transflectif, le polariseur 40 est transflectif , c'est à dire partiellement réfléchissant : une partie de la lumière polarisée est transmise, l'autre partie est réfléchie. Cela permet à l'écran de
20 fonctionner soit en mode transmissif lorsqu'il est éclairé par une source arrière, soit en mode réflectif utilisant la lumière ambiante comme source de lumière lorsqu'il n'est pas rétroéclairé.
- . En mode réflectif le polariseur 40 est de type réflectif. L'écran est alors exclusivement éclairé par la lumière ambiante réfléchie par
25 ce polariseur 40.

Les documents [4] et [6] calculent un mode optique transmissif pour une longueur d'onde précise permettant d'obtenir pour cette longueur d'onde (par exemple 550 nm), simultanément une transmission optique $T=0$ pour une des deux textures (état
30 noir) et une transmission optique $T=1$ pour l'autre texture. Les

auteurs obtiennent par le calcul plusieurs ensembles de valeurs des caractéristiques de la cellule (Δnd , ϕ , P et A). L'ensemble des valeurs correspondant au retard optique Δnd le plus faible est donné sur le tableau 1 annexé.

- 5 Ce calcul des valeurs optimales est effectué à l'aide de la forme analytique de la transmission optique d'une cellule cristal liquide en fonction des paramètres Δnd , ϕ , P et A , donnée dans de nombreuses publications (documents [7] ou [8] par exemple).

La formule donnée dans le document [8] est la suivante :

$$10 \quad T(\phi, \lambda) = \cos^2(\alpha + \beta) - \cos^2 X \cos 2\alpha \cos 2\beta \left[\frac{\phi}{X} \tan X - \tan 2\alpha \right] \left[\frac{\phi}{X} \tan X + \tan 2\beta \right] \quad [1]$$

$$\text{avec } X(\phi, \lambda) = \sqrt{\phi^2 + \left(\frac{\pi \Delta nd}{\lambda} \right)^2} \quad [2]$$

- Dans cette formule α et β sont les angles que font respectivement le polariseur 40 et l'analyseur 10 avec le directeur du cristal liquide 32, 22 respectivement situé du même côté.

Soit ϕ_P et ϕ_A les angles que font les directeurs 32 et 22 avec l'axe x' du repère $x'y'z'$.

Alors : $P = \alpha + \phi_P$ et $A = \beta + \phi_A$ (voir figure 1)

- La valeur de la torsion de la texture de la cellule de cristal liquide est obtenue en effectuant la différence entre le directeur 22 du cristal liquide sur une des faces de la cellule et le directeur 32 sur l'autre face : $\phi = \phi_A - \phi_P$.

- La formule [1] peut être également obtenue en fonction de A et P au lieu de α et β . Pour une simplification des notations, nous prendrons le directeur 32 du cristal liquide côté polariseur 40 selon x' soit $\phi_P = 0$ et $\phi_A = \phi$ d'où :

$$P = \alpha \text{ et } A = \beta + \phi$$

Les auteurs des documents [4] et [6] cherchent, pour une longueur d'onde donnée, les conditions qui annulent la transmission, puis pour la torsion augmentée de π les conditions qui permettent d'obtenir la valeur maximale de 1. Le retard $\Delta n d$ pris pour les deux calculs doit bien entendu être le même. Les transmissions respectives des états blanc et noir ainsi obtenues sont données sur la figure 2 annexée en fonction de la longueur d'onde.

Figurent également dans le tableau 1 annexée la valeur des luminances normalisées de l'état noir et de l'état blanc calculées sur l'ensemble du spectre visible, ainsi que le contraste CR, rapport des deux luminances. Ces valeurs permettront de comparer les configurations proposées selon l'état de la technique et celles proposées dans le cadre de la présente invention.

Les luminances normalisées sont calculées comme suit :

$$L = \frac{\int T(\lambda) \bar{y}(\lambda) s(\lambda) d\lambda}{\int \bar{y}(\lambda) s(\lambda) d\lambda}$$

avec $T(\lambda)$ transmission optique de la cellule cristal liquide, $\bar{y}(\lambda)$ sensibilité de l'œil et $s(\lambda)$ spectre de la source d'illumination, que nous supposons constant et égal à 1 (spectre dit « plat »).

Ce calcul de mode est effectué en partant du principe que

- l'on cherche les points qui vérifient simultanément le noir parfait et le blanc parfait pour les 2 textures différant de π , à une longueur d'onde fixée, et
- tous les paramètres de la cellule sont libres.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

Les inventeurs proposent une démarche différente qui permet d'obtenir pour une cellule $[\phi_U; \phi_T]$ un mode optique

possédant un très bon noir, et qui tient compte de certaines contraintes industrielles.

Les inventeurs proposent plus précisément d'appliquer cette démarche à une cellule réelle, c'est à dire en tenant compte d'un
5 ancrage azimuthal dit « fini » (c'est à dire non infiniment fort) par exemple sur une des couches d'alignement. Dans ce cas, les deux textures diffèrent d'un angle légèrement inférieur à π .

La présente invention propose ainsi un dispositif d'affichage à cristal liquide nématique présentant deux états stables, sans
10 champ électrique, obtenus par cassure d'ancrage, caractérisé par le fait qu'il comprend deux polariseurs, l'un placé côté observateur, l'autre sur la face opposée de la cellule à cristal liquide, l'orientation des deux polariseurs étant décalée d'une valeur égale au pouvoir rotatoire de la cellule $\pm \pi / 2$, le pouvoir
15 rotatoire correspondant à l'effet de la texture la plus tordue.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses de la présente invention :

- . le retard optique $\Delta n d$ est de l'ordre de 240 ± 80 nm,
- . le retard optique $\Delta n d$ est de l'ordre de 210 ± 50 nm,
- 20 . l'orientation du polariseur placé à l'opposé de l'observateur, par rapport au directeur nématique sur la face associée de la cellule, est comprise dans la gamme comprenant la plage $\pm (20^\circ \text{ à } 70^\circ)$ tandis que l'orientation du polariseur placé du côté de l'observateur, par rapport à la même référence de directeur
25 nématique, est comprise dans la gamme comprenant la plage de $\pm (20^\circ \text{ à } 70^\circ)$,
- . pour un cristal liquide levogyre, l'orientation du polariseur placé à l'opposé de l'observateur est comprise dans la gamme comprenant les plages $-70^\circ \text{ à } -40^\circ$ et $20^\circ \text{ à } 55^\circ$ tandis que
30 l'orientation du polariseur placé côté observateur est comprise

dans la gamme comprenant les plages – 55° à -20° et 35° à 70°;
et pour un cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur
placé à l'opposé de l'observateur est comprise dans la gamme
comprenant les plages - 55° à - 20° et 40° à 70° tandis que
5 l'orientation du polariseur placé côté observateur est comprise
dans la gamme comprenant les plages – 70° à -35° et 20° à 55°,
. l'angle de torsion des molécules dans l'un des deux états stables
est compris entre 0° et 15°,
. l'angle de torsion des molécules dans l'un des deux états stables
10 est compris entre 0° et 15°, le retard optique $\Delta n d = 200 \pm 40$
nm et pour un cristal liquide levogyre, l'orientation du polariseur
opposé à l'observateur est comprise dans la gamme [-60° ; -40°]
U [30° ; 50°], tandis que l'orientation du polariseur côté
observateur est comprise dans la gamme [-50° ; -25°] U [40° ;
15 70°],
. l'angle de torsion des molécules dans l'un des deux états stables
est compris entre 0° et 15°, le retard optique $\Delta n d = 200 \pm 40$
nm et pour un cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur
opposé à l'observateur est comprise dans la gamme [-50° ; -30°]
20 U [40° ; 60°], tandis que l'orientation du polariseur côté
observateur est comprise dans la gamme [-70° ; -40°] U [25° ;
50°],
. l'angle de torsion des molécules dans l'un des deux états stables
est compris entre 0° et 15°, le retard optique $\Delta n d = 280 \pm 40$
25 nm et pour un cristal liquide levogyre, l'orientation du polariseur
opposé à l'observateur est comprise dans la gamme [-65° ; -45°]
U [25° ; 50°], tandis que l'orientation du polariseur côté
observateur est comprise dans la gamme [-50° ; -20°] U
[40° ; 70°],

- . l'angle de torsion des molécules dans l'un des deux états stables est compris entre 0° et 15° , le retard optique $\Delta n d = 280 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme $[-50^{\circ}; -25^{\circ}]$ U $[45^{\circ}; 65^{\circ}]$, tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme $[-70^{\circ}; -40^{\circ}]$ U $[20^{\circ}; 50^{\circ}]$,
- . l'angle que font les directions de brossage entre elles est compris entre 10° et 15° , le retard optique $\Delta n d = 200 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide levogyre l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme $[-55^{\circ}; -35^{\circ}]$ U $[35^{\circ}; 55^{\circ}]$ préférentiellement $[-40^{\circ}; -50^{\circ}]$ U $[40^{\circ}; 50^{\circ}]$, tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme $[-45^{\circ}; -25^{\circ}]$ U $[45^{\circ}; 70^{\circ}]$ préférentiellement $[-45^{\circ}; -25^{\circ}]$ U $[50^{\circ}; 65^{\circ}]$,
- . l'angle que font les directions de brossage entre elles est compris entre 10° et 15° , le retard optique $\Delta n d = 200 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme $[-35^{\circ}; -55^{\circ}]$ U $[35^{\circ}; 55^{\circ}]$ préférentiellement $[-40^{\circ}; -50^{\circ}]$ U $[40^{\circ}; 50^{\circ}]$, tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme $[-70^{\circ}; -45^{\circ}]$ U $[25^{\circ}; 45^{\circ}]$ préférentiellement $[-65^{\circ}; -50^{\circ}]$ U $[25^{\circ}; 45^{\circ}]$
- . l'angle que font les directions de brossage entre elles est compris entre 0° et 10° , le retard optique $\Delta n d = 200 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide levogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme $[-65^{\circ}; -40^{\circ}]$ U $[25^{\circ}; 50^{\circ}]$ préférentiellement $[-60^{\circ}; -45^{\circ}]$ U $[30^{\circ}; 45^{\circ}]$, tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la

gamme $[-55^{\circ} ; -25^{\circ}] \cup [35^{\circ} ; 65^{\circ}]$ préférentiellement $[-50^{\circ} ; -30^{\circ}] \cup [40^{\circ} ; 60^{\circ}]$

. l'angle que font les directions de brossage entre elles est compris entre 0° et 10° , le retard optique $\Delta n d = 200 \pm 40$ nm et pour un
5 cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme $[-50^{\circ} ; -25^{\circ}] \cup [40^{\circ} ; 65^{\circ}]$ préférentiellement $[-45^{\circ} ; -30^{\circ}] \cup [45^{\circ} ; 60^{\circ}]$, tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme $[-65^{\circ} ; -35^{\circ}] \cup [25^{\circ} ; 55^{\circ}]$ préférentiellement $[-60^{\circ} ; -$
10 $40^{\circ}] \cup [30^{\circ} ; 50^{\circ}]$

. l'angle que font les directions de brossage entre elles est compris entre 0° et 5° , le retard optique $\Delta n d = 280 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide levogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme $[-70^{\circ} ; -45^{\circ}] \cup [20^{\circ} ;$
15 $45^{\circ}]$ préférentiellement $[-65^{\circ} ; -50^{\circ}] \cup [25^{\circ} ; 40^{\circ}]$, tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme $[-50^{\circ} ; -25^{\circ}] \cup [40^{\circ} ; 65^{\circ}]$ préférentiellement $[-45^{\circ} ; -30^{\circ}] \cup [45^{\circ} ; 60^{\circ}]$,

. l'angle que font les directions de brossage entre elles est
20 compris entre 0° et 5° , le retard optique $\Delta n d = 280 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme $[-45^{\circ} ; -20^{\circ}] \cup [45^{\circ} ; 70^{\circ}]$ préférentiellement $[-40^{\circ} ; -25^{\circ}] \cup [50^{\circ} ; 65^{\circ}]$, tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est
25 comprise dans la gamme $[-65^{\circ} ; -40^{\circ}] \cup [25^{\circ} ; 50^{\circ}]$ préférentiellement $[-60^{\circ} ; -45^{\circ}] \cup [30^{\circ} ; 45^{\circ}]$.

La présente invention propose également un procédé d'optimisation de l'orientation de deux polariseurs dans un dispositif d'affichage à cristal liquide nématique présentant deux
30 états stables par cassure d'ancrage, caractérisé par le fait qu'il

comprend les étapes consistant à calculer le pouvoir rotatoire de la cellule et à positionner les deux polariseurs, l'un placé côté observateur, l'autre sur la face opposée de la cellule à cristal liquide, selon une orientation décalée d'une valeur égale au
 5 pouvoir rotatoire de la cellule $\pm \pi / 2$, le pouvoir rotatoire correspondant à l'effet de la texture la plus tordue.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses du procédé de la présente invention :

. le pouvoir rotatoire PR est calculé sur la base de la relation :

$$10 \quad PR \cong \phi - \arctg\left(\frac{\phi}{X} \operatorname{tg} X\right) \quad [3]$$

$$\text{avec } X(\phi, \lambda) = \sqrt{\phi^2 + \left(\frac{\pi \Delta n d}{\lambda}\right)^2} \quad [2].$$

. le procédé comprend les étapes consistant à :

- calculer le pouvoir rotatoire PR à l'aide d'une formule exploitant le retard optique $\Delta n d$, la torsion ϕ et la longueur d'onde λ ,
- 15 - fixer l'orientation A du polariseur de sortie (10) égale à $P + PR \pm \pi / 2$, P représentant l'orientation du polariseur (40) côté opposé à l'observateur et PR le pouvoir rotatoire,
- rechercher les valeurs de P qui donnent la plus forte valeur de transmission résultante pour la valeur de torsion de l'ordre de ϕ
 20 $\pm \pi$ et
- en déduire A.

. la valeur de la transmission est définie par la relation :

$$Tas(\phi, \lambda) = \cos^2(\alpha + \beta) - \cos^2 X \cos 2\alpha \cos 2\beta \left[\frac{\phi}{X} \tan X - \tan 2\alpha \right] \left[\frac{\phi}{X} \tan X + \tan 2\beta \right] \quad [1].$$

- 25 . le pouvoir rotatoire PR est calculé sur la base d'une valeur de torsion optimal ϕ_{opt} déterminé sur la base de la relation :

$$\phi_{opt} = \pi \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta n d}{\lambda_0} \right)^2} \quad [6].$$

- . le pouvoir rotatoire PR est calculé sur la base d'une valeur de torsion imposée par l'ancrage azimuthal.
- . le procédé comprend une étape d'adaptation des angles des polariseurs pour améliorer la neutralité colorimétrique du blanc obtenu.
- . le pouvoir rotatoire PR est calculé sur la base d'une valeur de torsion qui intègre un décrochage (DE) résultant d'un ancrage azimuthal fini.

10 D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemple non limitatif et sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement une cellule à cristaux liquides applicable à la présente invention et définit les angles utilisés dans la suite de l'exposé,
- la figure 2 représente les transmissions respectives des états blanc (figure 2a) et noir (figure 2b) obtenues à l'aide d'un dispositif conforme à la présente invention, en fonction de la longueur d'onde,
- la figure 3 représente schématiquement les angles ψ et w caractéristiques d'une polarisation elliptique,
- la figure 4 représente le pouvoir rotatoire en fonction du retard optique pour un paramètre ϕ libre,
- 25 - la figure 5 représente la transmission optique de la configuration ($\Delta n d = 193 \text{mm}$) décrite dans le tableau 2 en fonction de la longueur d'onde, respectivement pour l'état blanc sur la figure 5a et pour l'état noir sur la figure 5b,

- la figure 6 représente schématiquement les directions de brossage côté analyseur et polariseur et les orientations des molécules de cristal liquide sur les couches d'alignement pour le cas d'un ancrage azimuthal infiniment fort,
- 5 - la figure 7 représente le pouvoir rotatoire en fonction du retard optique pour un paramètre ϕ imposé,
- la figure 8 représente la transmission optique de la configuration ($\Delta n d = 275\text{mm}$, ϕ imposé à $\phi_u = 0^\circ$ et $\phi_T = -180^\circ$) décrite dans le tableau 3 en fonction de α ,
- 10 - la figure 9 représente la transmission optique de la configuration ($\Delta n d = 275\text{mm}$, ϕ imposé à $\phi_u = 0^\circ$ et $\phi_T = -180^\circ$) décrite dans le tableau 3 en fonction de la longueur d'onde, respectivement pour l'état blanc sur la figure 9a et pour l'état noir sur la figure 9b,
- la figure 10 représente la transmission optique de la
15 configuration ($\Delta n d = 193\text{mm}$, ϕ imposé à $\phi_u = 0^\circ$ et $\phi_T = -180^\circ$) décrite dans le tableau 3 en fonction de la longueur d'onde, respectivement pour l'état blanc sur la figure 10a et pour l'état noir sur la figure 10b et
- la figure 11 représente schématiquement une vue similaire à la
20 figure 3 pour le cas d'un ancrage azimuthal fini sur la plaque de la cellule située du côté de l'analyseur.

Les calculs d'optimisation sont effectués par la suite pour le mode transmissif. Cependant la présente invention est directement applicable pour la réalisation d'écrans transflectifs ou
25 réflectifs, la seule différence étant la nature du polariseur arrière 40, toutes choses étant égales par ailleurs.

DEMARCHE DE CALCUL POUR OPTIMISER LE MODE TRANSMISSIF D'UNE CELLULE $[\phi_u ; \phi_T]$

Tout d'abord ce qui caractérise la performance d'un mode
30 transmissif est la qualité de son noir. L'optimisation de l'état noir

doit donc être faite non pas sur une longueur d'onde unique mais sur l'ensemble du spectre visible. La condition $T=1$ pour l'état blanc à une longueur d'onde fixée n'est pas nécessaire, l'écran étant éclairé par une source arrière, une perte sur l'état blanc est
5 acceptable, à condition qu'elle ne soit pas trop importante.

La démarche suivie par les inventeurs consiste à calculer le mode optimum donnant le meilleur noir pour plusieurs valeurs de retard $\Delta n d$. La valeur de retard finalement choisie dépendra du compromis qualité du noir-qualité blanc souhaité.

10 La texture T est plus stable optiquement que la texture U, elle est donc choisie par les inventeurs pour obtenir le noir.

Caractéristiques de la polarisation après la traversée de la couche de cristal liquide

Les inventeurs utilisent le formalisme de Poincaré, qui décrit
15 les différents états de polarisation possibles ainsi que l'évolution de celle-ci lors de sa propagation dans la cellule par un tracé sur une sphère prénommée sphère de Poincaré (voir documents [9] ou [10]).

Cet outil très puissant pour qui sait voir dans l'espace
20 tridimensionnel permet une meilleure compréhension de l'effet optique de la cellule de cristal liquide pour la texture fortement tordue (torsion de l'ordre de π), qui est utilisée pour le noir dans le mode transmissif.

Le principal résultat obtenu grâce à cet outil est que la
25 texture T (torsion ϕ_T de l'ordre de π) est, pour des retards de cellules $\Delta n d$ inférieurs ou égaux à $\lambda/2$ (λ représentant une longueur d'onde du spectre visible), équivalente à un pouvoir rotatoire PR presque parfait. Ceci signifie que quel que soit l'angle de la polarisation d'entrée P, la polarisation de sortie Pout est

faiblement elliptique (presque linéaire) et le grand axe de cette ellipse fait un angle PR par rapport à P.

La polarisation de sortie Pout, a priori quelconque donc elliptique, peut être caractérisée par 2 angles Ψ et ω . Ψ est l'angle
5 que fait le grand axe de l'ellipse avec x' et ω caractérise l'ellipticité de la polarisation telle qu'illustré figure 3.

On a $\Psi = P + PR$

Grâce à la sphère de Poincaré il est également possible d'obtenir la forme analytique de PR (valeur approchée) et de ω .

10

$$PR \cong \phi - \arctg\left(\frac{\phi}{X} \operatorname{tg} X\right) \quad [3]$$

$$\sin 2\omega = 2 \sin \eta \sin X (\cos 2\alpha \cos \eta \sin X + \sin 2\alpha \cos X) \quad [4]$$

$$\text{avec } \cos \eta = \frac{\phi}{X}$$

15 La formule [3] est valable en première approximation, lorsque X est proche de π , ce qui est toujours vrai dans les cas traités dans la présente demande.

L'annulation de l'ellipticité ω équivaut à l'obtention en sortie de cellule d'une polarisation linéaire, c'est à dire une configuration
20 ou l'on pourra obtenir avec l'analyseur un noir ou un blanc parfait.

Le fait de pouvoir prédire grâce à la formule [3] la valeur du pouvoir rotatoire, permet de calculer l'angle ψ de la polarisation de sortie Pout. La configuration A pour l'analyseur 10 donnant le meilleur noir pour une orientation P du polariseur 40 donnée est
25 A perpendiculaire à ψ .

$$\text{Soit } A = P + PR \pm \pi/2 \quad [5]$$

La condition qui annule l'ellipticité ω est

$X = \pi$. Soit :

$$\phi_{opt} = \pi \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta n d}{\lambda_0} \right)^2} \quad [6]$$

Ainsi lorsque λ est fixé, il existe une relation entre ϕ et $\Delta n d$ permettant d'obtenir une polarisation de sortie Pout linéaire, ce qui garantit l'obtention d'un noir parfait à un λ donné, avec l'analyseur 10 perpendiculaire à la polarisation de sortie . Nous appellerons ϕ_{opt} la valeur de ϕ calculée avec la formule [6] pour un retard $\Delta n d$ donné.

La configuration optimale est calculée pour un retard de cellule $\Delta n d$ et une longueur d'onde λ donnée.

Le mode opératoire pour calculer la meilleure configuration dans le cadre de la présente invention est de préférence le suivant :

Cas où le paramètre ϕ est libre

La formule [6] permet de calculer la valeur de ϕ optimale ϕ_{opt} pour le retard choisi.

Optimisation du noir

A partir des valeurs fixées de $\Delta n d$ et λ_0 (λ_0 étant une longueur d'onde choisie dans le spectre visible, par exemple 550 nm), on détermine $\phi_T = \phi_{opt}$ à partir de la formule [6], puis on calcule avec la formule [3] la valeur exacte du pouvoir rotatoire PR. La valeur du pouvoir rotatoire PR en fonction du retard de la cellule est donné figure 4. On constate que pour un retard entre 190 nm et 320 nm, PR varie entre 10° et 35°.

Pour obtenir un noir il faut une orientation A de l'analyseur 10 perpendiculaire à la polarisation de sortie Pout (formule [5]):

Soit $A = P + PR \pm \pi/2$

Recherche du meilleur blanc

A (ou β) est remplacé par sa valeur en fonction de P (ou α) dans la formule de la transmission telle que la formule [1], avec $\phi_U = \phi_T + \pi$. La seule variable restante est P (ou α). On recherche la
5 valeur de P (ou α) qui donne la valeur la plus élevée de T. Une fois P déterminée, la valeur de A est obtenue à l'aide de la formule [5].

Exemple de calcul - Amélioration de l'état noir

Partant de ces considérations, il apparaît qu'une diminution
10 du retard Δnd de la cellule par rapport à la valeur préconisée par l'état de la technique permet d'améliorer très nettement la qualité du noir, le prix à payer étant une perte sur l'état passant (blanc).

Le tableau 2 annexé donne plusieurs ensembles théoriques de paramètres de la cellule optimisés pour obtenir le meilleur noir
15 sur le spectre visible calculés selon la démarche décrite précédemment.

Pour le cas $\Delta nd = 193$ nm, on voit que le contraste a été multiplié par 3 par rapport à la solution traditionnelle du tableau 1 (état de la technique), au prix d'une perte de 20% sur l'état blanc.

20 Les transmissions respectives des états blanc et noir obtenues pour le cas $\Delta nd = 193$ nm décrit dans le tableau 2 sont données figure 5 en fonction de la longueur d'onde. Le spectre du noir est très amélioré dans le bleu, au prix d'un état blanc moins « plat » qui sera légèrement bleuté.

25 Cependant les valeurs données sur le tableau 2 correspondent à des valeurs théoriques. En pratique les processus de fabrication industrielle de cellules à cristaux liquides imposent des contraintes sur les ancrages et torsion réels dont il convient de tenir compte.

Prise en compte de la contrainte ϕ imposé

Dans le cas pratique d'un ancrage azimutal infiniment fort le directeur 22, 32 sur chaque face 20, 30 de la cellule est déterminé par la direction de brossage de la couche d'alignement (par exemple de type chimique polyimide) utilisée sur cette face. En effet pour un ancrage azimutal infiniment fort, le directeur du cristal liquide s'aligne parallèlement à la direction de brossage (voir figure 6). Dans ce cas, une valeur précise de ϕ est obtenue en fixant les directions de brossage des deux couches d'alignement sur la machine de production de l'afficheur, pour qu'elles fassent entre elles un angle ϕ .

Pour des questions de commodité de montage ou de bon fonctionnement de la cellule, les angles des directions de brossage de la cellule peuvent être imposées, ce qui impose donc ϕ_U et ϕ_T . Dans ce cas, le calcul de la meilleure configuration pour P et A selon le critère : « meilleur noir sans trop de pertes sur le blanc », n'est pas aisé avec une formule analytique telle que [1]. La démarche proposée par les inventeurs permet d'effectuer plus facilement ce calcul.

Le pouvoir rotatoire est calculé pour la valeur de ϕ_T imposée, puis comme précédemment la valeur de A en fonction de P découlant de la formule [5] est injectée dans la formule [1] pour ϕ_U imposé, et l'on recherche les valeurs de P qui maximisent la transmission.

Exemples de calcul avec ϕ imposé

On prend par exemple $\phi_T = -\pi$ soit $\phi_U = 0^\circ$ (directions de brossage antiparallèles) et $\lambda=550$ nm.

Dans ce cas, $\alpha=P$ et $\beta=A$

La valeur calculée du pouvoir rotatoire en fonction du retard de la cellule est donné figure 7. En comparaison avec la figure 4

où ϕ est optimal, on voit que PR dépend essentiellement en première approximation du retard, et également de la valeur de ϕ .

Exemple 1 : $\Delta n d = 275 \text{ nm}$

On calcule $PR = 19,2^\circ$ et $\beta = \alpha + PR \pm \pi/2$

5 La transmission T calculée pour $\phi_U = 0^\circ$ est donnée figure 8.

Les valeurs de α qui donnent la valeur maximale de T sont (voir figure 8):

$$\alpha = -54^\circ \quad \text{d'où} \quad \beta = 55^\circ$$

$$\alpha = 36^\circ \quad \text{d'où} \quad \beta = -35^\circ$$

10 Ces deux configurations sont équivalentes.

Les transmissions optiques des états blanc et noir sont données figure 9. Les performances de cette configuration sont données dans le tableau 3.

Exemple 2 : $\Delta n d = 193 \text{ nm}$

15 De la même façon que pour l'exemple 1, on calcule :

$$PR = 10,17^\circ$$

$$\alpha = -50^\circ \quad \text{d'où} \quad \beta = 55^\circ$$

$$\alpha = 40^\circ \quad \text{d'où} \quad \beta = -40^\circ$$

20 Les transmissions optiques des états blanc et noir sont données figure 10. Les performances de cette configuration sont données dans le tableau 3.

On retrouve pour ces deux cas de retard à ϕ imposé les mêmes tendances que pour ϕ libre : un meilleur noir pour 193 nm au prix d'un blanc moins lumineux et moins « plat ».

25 **CAS REEL D'UN ANCRAGE AZIMUTHAL FINI**

Lorsque l'ancrage azimuthal est fini (non infiniment fort), les forces élastiques qui s'exercent sur les molécules proches de la surface du fait du dopage chiral du mélange cristal liquide, vont faire « décrocher » ces molécules, c'est à dire que le directeur du
30 cristal liquide n'est plus strictement parallèle à la direction de

brossage, mais décalé d'un angle DE appelé « décrochage élastique ». Pour simplifier l'illustration, on suppose qu'une seule couche d'ancrage possède un ancrage azimuthal fini, l'autre couche possédant un ancrage azimuthal infiniment fort. Le décrochage va
 5 dans le sens de diminuer la valeur absolue de la torsion de faible valeur ϕ_U , qui devient par exemple $\phi_U - DE$ pour $\phi_U > 0$, et de diminuer la valeur absolue de la torsion de forte valeur ϕ_T , qui devient par exemple $\phi_T + DE$ pour $\phi_T < 0$ (voir figure 11).

Nous appelons ϕ^* l'angle que font les directions de brossage
 10 entre elles.

Du fait du décrochage on a :

$$\phi_T - \phi_U = -\pi + 2.DE$$

Le décrochage élastique est directement relié à la force d'ancrage azimuthale caractérisée par sa longueur d'extrapolation
 15 Laz selon la relation :

$$DE = \frac{\pi.L_{\alpha}}{2d}$$

Un ancrage azimuthal fini possède typiquement Laz de l'ordre de 100 à 200 nm, soit DE compris entre quelques degrés et 15 ° environ. Le paramètre DE est un paramètre physique mesurable
 20 expérimentalement, donc supposé connu.

Les inventeurs ont choisi pour les exemples suivants des valeurs de DE de 5° et 10°.

Cas où le paramètre ϕ^* est libre

Nous allons calculer les valeurs optimales de ϕ^* en fonction
 25 du décrochage DE , ainsi que la configuration optique correspondante.

Pour chaque retard Δnd on appelle ϕ_{opt} la valeur optimale de la forte torsion telle que définie par la formule [6].

La valeur effective de la forte torsion ϕ_T vaut (voir figure 11) :

$$\phi_T = -\pi + \phi^* + DE$$

On veut $\phi_T = \phi_{opt}$ d'où

5 $\phi^* = \pi + \phi_{opt} - DE$

Le pouvoir rotatoire est calculé pour $(\Delta n d, \phi_{opt})$, puis la relation entre A et P est injectée dans la formule [1] pour $\phi_U = \phi^* - DE$, et l'on recherche graphiquement les valeurs de P qui maximisent la transmission.

10 Exemple de calcul avec $\Delta n d = 193 \text{ nm}$

La valeur de ϕ_{opt} est dans ce cas $-168,5^\circ$, correspondant à un pouvoir rotatoire de $11,5^\circ$.

Les calculs et les performances de la configuration optimisée correspondant à chaque valeur de décrochage sont donnés sur le
15 tableau 4.

On retrouve des performances proches de celles du tableau 2, ce qui est logique car dans les deux cas il est possible de configurer la cellule telle que ϕ_T soit égal à ϕ optimum, ce qui garantit un bon noir.

20 Exemple de calcul avec $\Delta n d = 275 \text{ nm}$

La valeur de ϕ_{opt} est dans ce cas -156° , correspondant à un pouvoir rotatoire de 24° .

Les calculs et les performances de la configuration optimisée correspondant à chaque valeur de décrochage sont donnés sur le
25 tableau 5.

Du fait du retard plus élevé, le contraste est moins bon, mais il garde une valeur correcte (> 200) car on peut configurer la cellule pour que ϕ_T soit égal à ϕ optimum.

Cas où le paramètre ϕ^* est imposé

La direction de brossage des cellules ϕ^* peut être imposée par exemple par le procédé industriel.

La valeur effective de ϕ_T vaut dans ce cas (cf figure 11) :

5 $\phi_T = -\pi + \phi^* + DE$

Le pouvoir rotatoire est calculé pour la valeur de ϕ_T correspondante, puis comme précédemment la valeur de A en fonction de P découlant de la formule [5] est injectée dans la formule [1] pour $\phi_U = \phi^* - DE$, et l'on recherche les valeurs de P
10 qui maximisent la transmission. Les résultats pour les valeurs de retard 193 nm et 275 nm sont donnés dans les tableaux 6 et 7 pour le cas ϕ^* imposé égal à 0° .

L'effet du décrochage élastique diminue la valeur de la torsion de forte valeur ϕ_T , ce qui rapproche ϕ_T de la valeur ϕ_{opt}
15 $(-168,5^\circ$ pour le cas 193 nm et -156° pour 275 nm). Le contraste s'améliore donc lorsque le décrochage augmente. Pour 193 nm et $DE=10^\circ$, on est presque à ϕ_{opt} , la valeur de contraste obtenue, 896, est donc très proche de la valeur obtenue avec ϕ_{opt} (916).

VARIANTES DE L'INVENTION

20 Les configurations calculées pour le mode transmissif sont applicables aux modes transflectif ou réflectif. Les angles calculés sont identiques, seule la nature du polariseur 40 côté source P diffère selon le mode.

Ces modes privilégient le noir, et donc possèdent un blanc
25 non optimisé en terme de brillance.

Pour modifier légèrement la colorimétrie du blanc, les positions des polariseurs 40 et 10 peuvent être ajustées au voisinage de leur position calculée, à condition de respecter la relation qui les lie entre eux (donnée par le pouvoir rotatoire) qui
30 garantit le meilleur noir.

Le pouvoir rotatoire PR est fonction de la torsion ϕ (proche de π) et du retard de la cellule. Les angles entre P et A qui dépendent de la valeur de PR sont donc en grande partie dépendants de la valeur du retard de la cellule.

5

ϕ_U	$\phi_T=\phi_U-\pi$	Δnd	P	A	Lnoir $\phi_T=\phi_U-\pi$	Lblanc ϕ_U	CR
22,5°	-157,5°	266 nm	-45° 45°	+67,5° -22,5°	0.0031	0.988	317

Table 1 : mode optique transmissif d'une cellule $[\phi;\phi-\pi]$ selon l'état de la technique (document [4] US 2003/0076455)

Δnd	ϕ_U	$\phi_T=\phi_U-\pi$ opt	P	A	Lnoir $\phi_T=\phi_U-\pi$	Lblanc ϕ_U	CR
220 nm	15°	-165°	-45° 45°	60° -30°	0.0015	0.90	623
193 nm	11,5°	-168,5°	-45° 45°	56,5° -33,5°	0.00087	0.8	916

Table 2 : exemple de solutions permettant une amélioration de

10 l'état noir

Δnd	ϕ_U	$\phi_T=\phi_U-\pi$ imposé	P	A	Lnoir $\phi_T=\phi_U-\pi$	Lblanc ϕ_U	CR
275 nm	0°	-180°	-54° 36°	55° -35°	0.028	0.987	35
193 nm	0°	-180°	-50° 40°	50° -40°	0.0044	0.787	178

Table 3 : exemples de solutions optimisant l'état noir avec une torsion imposée à $-\pi$

DE	ϕ^*	ϕ_U	P	A	Lnoir ϕ_T	Lblanc ϕ_U	CR
5°	6,5°	1,5°	-50° 40°	52,5° -38,5°	0,00087	0,80	918
10°	1,5°	-3,5°	-52° 38°	49,5° -40,5°	0,00086	0,79	919

Tableau 4 : exemple de solutions pour différentes valeurs de décrochage élastique pour ($\Delta n d = 193\text{nm}$; $\phi_{\text{opt}} = -168,5^\circ$; $\lambda = 550\text{ nm}$)

DE	ϕ^*	ϕ_U	P	A	Lnoir ϕ_T	Lblanc ϕ_U	CR
5°	19°	14°	-51° 40°	63° -25°	0,0035	0,984	282
10°	14°	9°	-52° 38°	62° -28°	0,0034	0,986	285

Tableau 5 : exemple de solutions pour différentes valeurs de décrochage élastique pour ($\Delta n d = 275\text{nm}$; $\phi_{\text{opt}} = -156^\circ$; $\lambda = 550\text{ nm}$)

DE	ϕ^*	ϕ_U	P	A	Lnoir ϕ_T	Lblanc ϕ_U	CR
5°	0°	-5°	-52° 38°	48,5 -41,5°	0,0020	0,789	399
10°	0°	-10°	-55,5° 34,5°	45,5° -44,5°	0,0009	0,781	896

Tableau 6 : exemple de solutions pour différentes valeurs de décrochage élastique pour ($\Delta n d = 193\text{nm}$; $\lambda = 550\text{ nm}$) avec ϕ^* imposé à 0°.

DE	ϕ^*	ϕ_U	P	A	Lnoir ϕ_T	Lblanc ϕ_U	CR
----	----------	----------	---	---	-------------------	--------------------	----

5°	0°	-5°	-56,5° 33,5°	53,5° -36,5°	0,019	0,99	51
10°	0°	-10°	-60,5° 29,5°	50,5° -39,5°	0,011	0,99	87

Tableau 7 : exemple de solutions pour différentes valeurs de décrochage élastique pour ($\Delta n d = 275\text{nm}$; $\lambda = 550\text{ nm}$) avec ϕ^* imposé à 0°.

Les valeurs données dans les tableaux ci-dessus
5 correspondent à une texture levogyre.

L'invention est bien entendu valable lorsque le cristal liquide est dextrogyre. Une telle texture dextrogyre inverse les signes respectifs de ϕ_U et ϕ_T , et du pouvoir rotatoire PR.

Dans ce cas, les configurations équivalentes s'obtiennent en
10 inversant les signes de ϕ_U et ϕ_T et de PR. Les orientations optimales des polariseur 40 et analyseur 10 sont obtenues en inversant les signes des P et des A . A titre d'exemple, on donne ci-dessous, respectivement dans les tableaux 8 9 et 10, les valeurs dextrogyres correspondants au tableaux 5 6 et 7 ci-
15 dessus du cas levogyre:

DE	ϕ^*	ϕ_U	P	A	Lnoir ϕ_T	Lblanc ϕ_U	CR
5°	-19°	-14°	51° -40°	-63° 26°	0,0035	0,984	282
10°	-14°	-9°	52° -38°	-62° 28°	0,0034	0,986	285

Tableau 8 : exemple de solutions pour différentes valeurs de décrochage élastique pour ($\Delta n d = 275\text{nm}$; $\phi_{\text{opt}} = 156^\circ$; $\lambda = 550\text{ nm}$) – cas d'un cristal liquide dextrogyre

DE	ϕ^*	ϕ_U	P	A	Lnoir	Lblanc	CR
----	----------	----------	---	---	-------	--------	----

					ϕ_T	ϕ_U	
5°	0°	5°	52° -38°	-48,5 41,5°	0,0020	0,789	399
10°	0°	10°	55,5° -34,5°	-45,5° 44,5°	0,0009	0,781	896

Tableau 9 : exemple de solutions pour différentes valeurs de décrochage élastique pour ($\Delta n d = 193 \text{ nm}$; $\lambda = 550 \text{ nm}$) avec ϕ^* imposé à 0°- cas d'un cristal liquide dextrogyre.

DE	ϕ^*	ϕ_U	P	A	Lnoir ϕ_T	Lblanc ϕ_U	CR
5°	0°	5°	56,5° -33,5°	-53,5° 36,5°	0,019	0,99	51
10°	0°	10°	60,5° -29,5°	-50,5° 39,5°	0,011	0,99	87

Tableau 10 : exemple de solutions pour différentes valeurs de décrochage élastique pour ($\Delta n d = 275 \text{ nm}$; $\lambda = 550 \text{ nm}$) avec ϕ^* imposé à 0°- cas d'un cristal liquide dextrogyre

REFERENCES

Doc [1]: brevet FR-A-2 740 894

Doc [2]: "Fast bistable nematic display using monostable surface
anchoring witching" Proceeding SID 1997, p41-44

Doc [3]: "recents improvements of bistable nematic displays
switched by anchoring breaking" SPIE vol.3015 (1997), p61-69

Doc [4]: brevet US 2003/0076455

Doc [5]: "Dynamic flow, broken surface anchoring, and switching
bistability in three-terminal twisted nematic liquid crystal displays"
Journal of Applied Physics, vol 90, n° 6, p 3121-3123 (2001)

Doc [6]: "Three terminal bistable twisted nematic liquid crystal
displays", Applied Physics letters", vol77, n°23, p 3716-3718,
December 2000

Doc [7]: H.L. Ong "Origin and characteristics of the optical properties of general twisted nematic liquid crystal displays", J. Appl. Phys. 64, 614 (1988)

Doc [8]: P. Yeh and C. Gu "Optics of liquid crystal displays", Wiley,
5 New York, 1999

Doc [9]: Poincare H., théorie mathématique de la lumière, Gauthiers Villars (1889)

Doc [10]: Schurcliff W.A. « Polarized light, production and use" Harvard University Press (1966)

REVENDICATIONS

1. Dispositif d'affichage à cristal liquide nématique présentant deux états stables, sans champ électrique, obtenus par cassure d'ancrage, les deux états stables correspondant à deux textures de molécules de cristal liquide dont la torsion diffère de 150° à 180° en valeur absolue, caractérisé par le fait qu'il comprend deux polariseurs (10, 40), l'un (10) placé côté observateur, l'autre (40) sur la face opposée de la cellule à cristal liquide, l'orientation des deux polariseurs étant décalée d'une valeur égale au pouvoir rotatoire de la cellule $\pm \pi/2$, le pouvoir rotatoire correspondant à l'effet de la texture la plus tordue.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le retard optique $\Delta n d$ est de l'ordre de 240 ± 80 nm.

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé par le fait que l'orientation du polariseur placé à l'opposé de l'observateur, par rapport au directeur nématique sur la face associée de la cellule, est comprise dans la gamme comprenant la plage $\pm (20^\circ \text{ à } 70^\circ)$ tandis que l'orientation du polariseur placé du côté de l'observateur, par rapport à la même référence de directeur nématique, est comprise dans la gamme comprenant la plage de $\pm (20^\circ \text{ à } 70^\circ)$.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que pour un cristal liquide levogyre, l'orientation du polariseur placé à l'opposé de l'observateur est comprise dans la gamme comprenant les plages -70° à -40° et 20° à 55° tandis que l'orientation du polariseur placé côté observateur est comprise dans la gamme comprenant les plages -55° à -20° et 35° à 70° , et pour un cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur placé à l'opposé de l'observateur est comprise dans la gamme

comprenant les plages - 55° à - 20° et 40° à 70° tandis que l'orientation du polariseur placé côté observateur est comprise dans la gamme comprenant les plages - 70° à -35° et 20° à 55°.

5 **5.** Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que l'angle de torsion des molécules dans l'un des deux états stables est compris entre 0° et 15°.

6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'angle de torsion des molécules dans l'un des deux états stables est compris entre 0° et 15°, le retard optique $\Delta n d =$
10 200 +/- 40 nm et pour un cristal liquide levogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme [-60° ; -40°] U [30° ; 50°], tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme [-50° ; -25°] U [40° ; 70°].

15 **7.** Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'angle de torsion des molécules dans l'un des deux états stables est compris entre 0° et 15°, le retard optique $\Delta n d =$
 200 +/- 40 nm et pour un cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme
20 [-50° ; -30°] U [40° ; 60°], tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme [-70° ; -40°] U [25° ; 50°].

8. Dispositif selon l'une des revendications 6 ou 7 prise dans leur dépendance des revendications 1 ou 3 à 5, caractérisé par le
25 fait que le retard optique $\Delta n d$ est de l'ordre de 210 ± 50 nm.

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'angle de torsion des molécules dans l'un des deux états stables est compris entre 0° et 15°, le retard optique $\Delta n d =$
 280 +/- 40 nm et pour un cristal liquide levogyre, l'orientation du
30 polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme [-

65° ; -45°] U [25° ; 50°], tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme [-50° ; -20°] U [40° ; 70°].

10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'angle de torsion des molécules dans l'un des deux états stables est compris entre 0° et 15°, le retard optique $\Delta n d = 280 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme [-50° ; -25°] U [45° ; 65°], tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme [-70 ; -40°] U [20° ; 50°].

11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'angle que font les directions de brossage entre elles est compris entre 10 et 15°, le retard optique $\Delta n d = 200 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide levogyre l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme [-55° ; -35°] U [35° ; 55°] préférentiellement [-40° ; -50°] U [40° ; 50°], tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme [-45° ; -25°] U [45° ; 70°] préférentiellement [-45° ; -25°] U [50° ; 65°].

12. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'angle que font les directions de brossage entre elles est compris entre 10 et 15°, le retard optique $\Delta n d = 200 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme [-35° ; -55°] U [35° ; 55°] préférentiellement [-40° ; -50°] U [40° ; 50°], tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme [-70° ; -45°] U [25° ; 45°] préférentiellement [-65° ; -50°] U [25° ; 45°].

13. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'angle que font les directions de brossage entre elles est compris entre 0° et 10°, le retard optique $\Delta n d = 200 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide levogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme [-65° ; -40°] U [25° ; 50°] préférentiellement [-60° ; -45°] U [30° ; 45°], tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme [-55° ; -25°] U [35° ; 65°] préférentiellement [-50° ; -30°] U [40° ; 60°].

14. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'angle que font les directions de brossage entre elles est compris entre 0° et 10°, le retard optique $\Delta n d = 200 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme [-50° ; -25°] U [40° ; 65°] préférentiellement [-45° ; -30°] U [45° ; 60°], tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme [-65° ; -35°] U [25° ; 55°] préférentiellement [-60° ; -40°] U [30° ; 50°].

15. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'angle que font les directions de brossage entre elles est compris entre 0° et 5°, le retard optique $\Delta n d = 280 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide levogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme [-70° ; -45°] U [20° ; 45°] préférentiellement [-65° ; -50°] U [25° ; 40°], tandis que l'orientation du polariseur côté observateur est comprise dans la gamme [-50° ; -25°] U [40° ; 65°] préférentiellement [-45° ; -30°] U [45° ; 60°].

16. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'angle que font les directions de brossage entre elles est compris entre 0° et 5°, le retard optique

$\Delta nd = 280 \pm 40$ nm et pour un cristal liquide dextrogyre, l'orientation du polariseur opposé à l'observateur est comprise dans la gamme $[-45^\circ ; -20^\circ]$ U $[45^\circ ; 70^\circ]$ préférentiellement $[-40^\circ ; -25^\circ]$ U $[50^\circ ; 65^\circ]$, tandis que l'orientation du polariseur
 5 côté observateur est comprise dans la gamme $[-65^\circ ; -40^\circ]$ U $[25^\circ ; 50^\circ]$ préférentiellement $[-60^\circ ; -45^\circ]$ U $[30^\circ ; 45^\circ]$.

17. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé par le fait que le rapport entre l'épaisseur d de la cellule et le pas spontané p_0 des molécules de cristal liquide, est
 10 environ égal $0,25 \pm 0,1$, de préférence $0,25 \pm 0,05$.

18. Procédé d'optimisation de l'orientation de deux polariseurs (10, 40) dans un dispositif d'affichage à cristal liquide nématique présentant deux états stables, sans champ électrique, obtenus par cassure d'ancrage, les deux états stables
 15 correspondant à deux textures de molécules de cristal liquide dont la torsion diffère de 150° à 180° en valeur absolue, caractérisé par le fait qu'il comprend les étapes consistant à calculer le pouvoir rotatoire de la cellule et à positionner les deux polariseurs (10, 40), l'un (10) placé côté observateur, l'autre (40) sur la face
 20 opposée de la cellule à cristal liquide, selon une orientation décalée d'une valeur égale au pouvoir rotatoire de la cellule $\pm \pi/2$, le pouvoir rotatoire correspondant à l'effet de la texture la plus tordue.

19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé par le fait
 25 que le pouvoir rotatoire PR est calculé sur la base de la relation :

$$PR \cong \phi - \arctg\left(\frac{\phi}{X} \operatorname{tg} X\right) \quad [3]$$

$$\text{avec } X(\phi, \lambda) = \sqrt{\phi^2 + \left(\frac{\pi \Delta nd}{\lambda}\right)^2} \quad [2].$$

20. Procédé selon l'une des revendications 18 ou 19, caractérisé par le fait qu'il comprend les étapes consistant à:

- calculer le pouvoir rotatoire PR à l'aide d'une formule exploitant le retard optique Δnd , la torsion ϕ et la longueur d'onde λ ,
- 5 - fixer l'orientation A du polariseur de sortie (10) égale à $P + PR + \pi/2$, P représentant l'orientation du polariseur (40) côté opposé à l'observateur et PR le pouvoir rotatoire,
- rechercher les valeurs de P qui donnent la plus forte valeur de transmission résultante pour une torsion égale à $\phi + \pi$ en cas
- 10 d'ancrage azimuthal infini ou une torsion égale à $\phi - \pi$. DE
- tenant compte du décrochage élastique et
- en déduire A.

21. Procédé selon l'une des revendications 18 à 20, caractérisé par le fait que la valeur de la transmission est définie

15 par la relation :

$$Tas(\phi, \lambda) = \cos^2(\alpha + \beta) - \cos^2 X \cos 2\alpha \cos 2\beta \left[\frac{\phi}{X} \tan X - \tan 2\alpha \right] \left[\frac{\phi}{X} \tan X + \tan 2\beta \right]$$

22. Procédé selon l'une des revendications 18 à 21, caractérisé par le fait que le pouvoir rotatoire PR est calculé sur la

20 base d'une valeur de torsion optimal ϕ_{opt} déterminé sur la base de la relation :

$$\phi_{opt} = \pi \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta nd}{\lambda_0} \right)^2} \quad [6].$$

23. Procédé selon l'une des revendications 18 à 22, caractérisé par le fait que le pouvoir rotatoire PR est calculé sur la

25 base d'une valeur de torsion imposée par l'ancrage azimuthal.

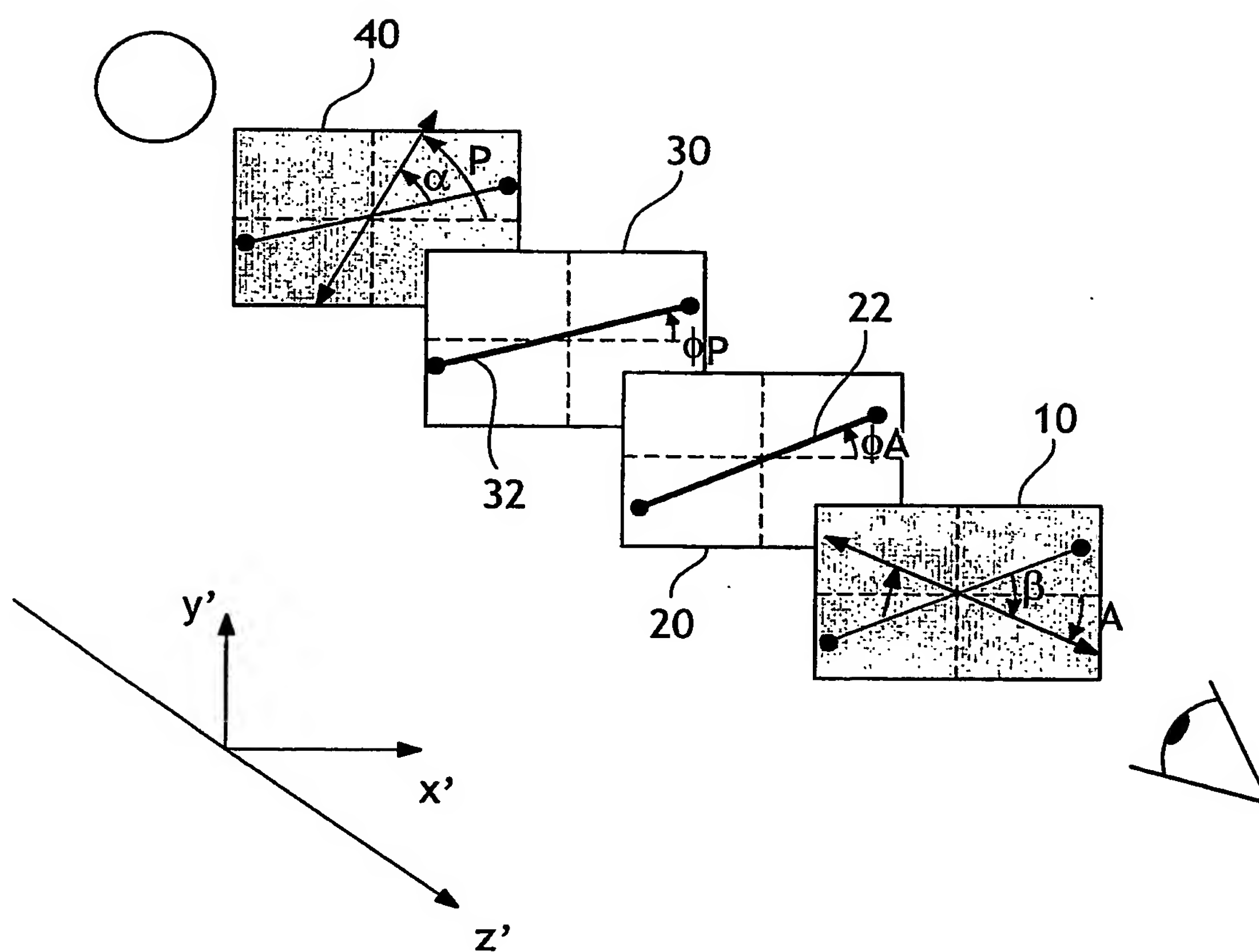
24. Procédé selon l'une des revendications 18 à 23, caractérisé par le fait qu'il comprend une étape d'adaptation des

angles des polariseurs pour améliorer la neutralité colorimétrique du blanc obtenu.

25. Procédé selon l'une des revendications 18 à 24, caractérisé par le fait que le pouvoir rotatoire PR est calculé sur la
5 base d'une valeur de torsion qui intègre un décrochage (DE) résultant d'un ancrage azimuthal fini.

1 / 9

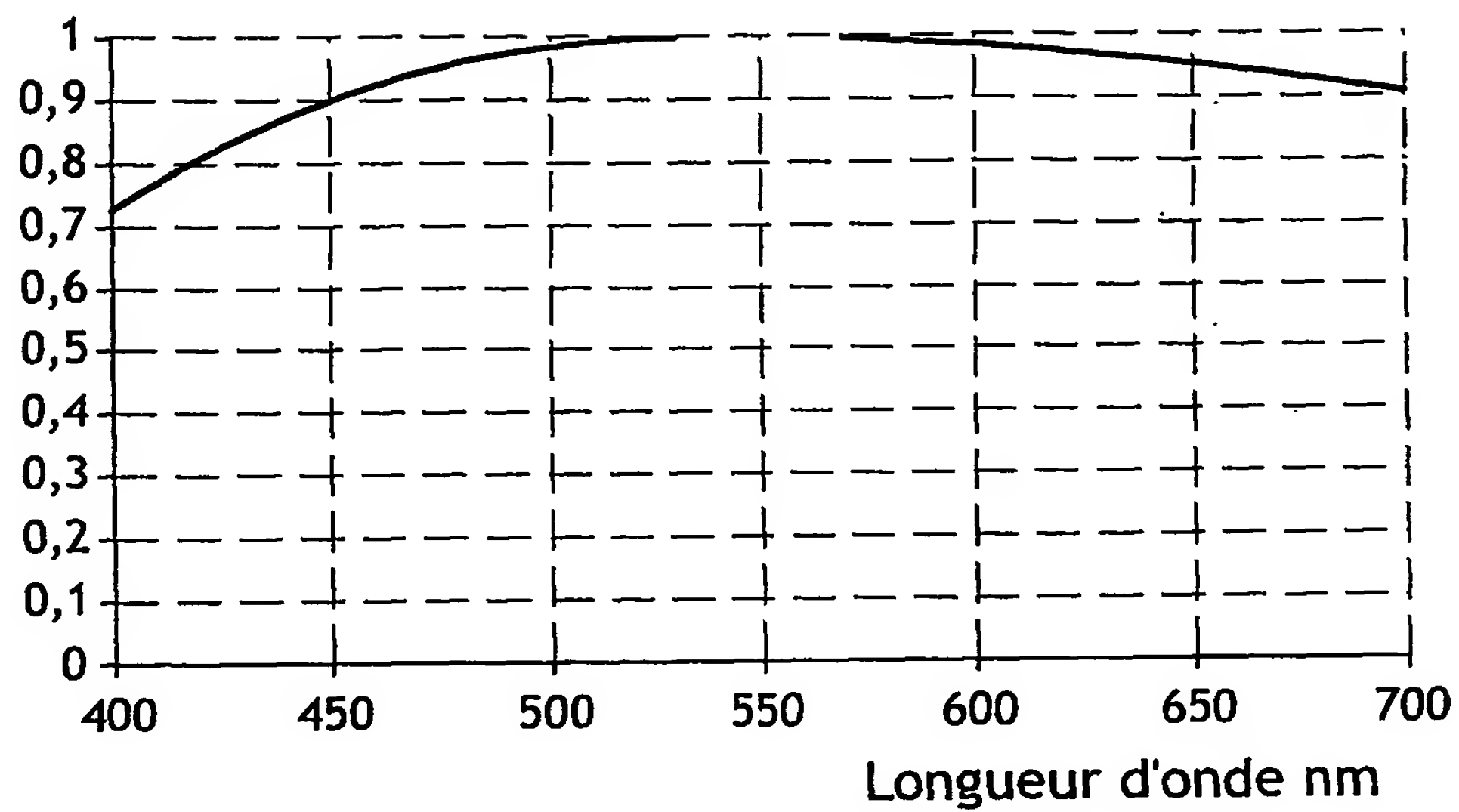
FIG.1



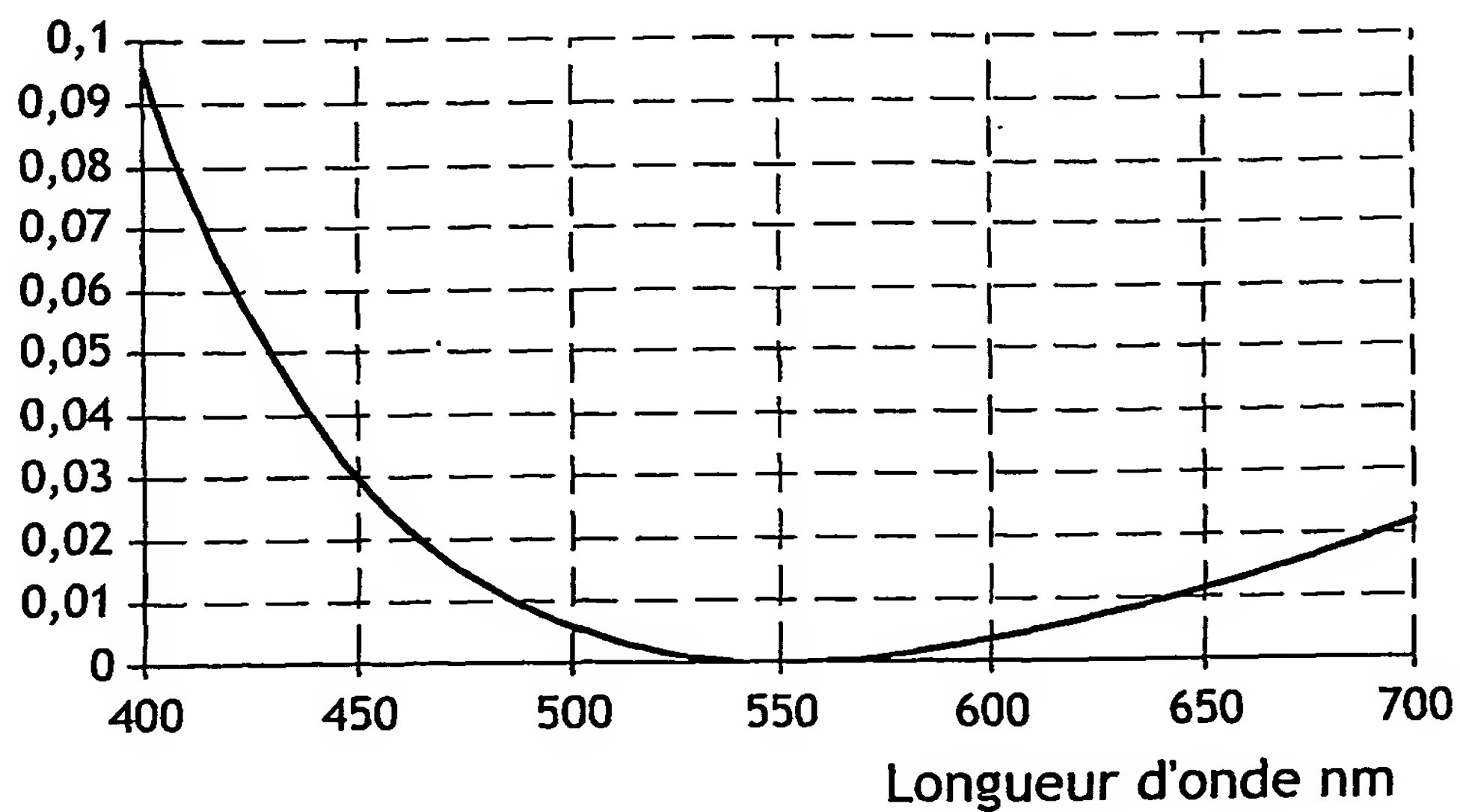
2 / 9

FIG.2

2a



2b



3 / 9

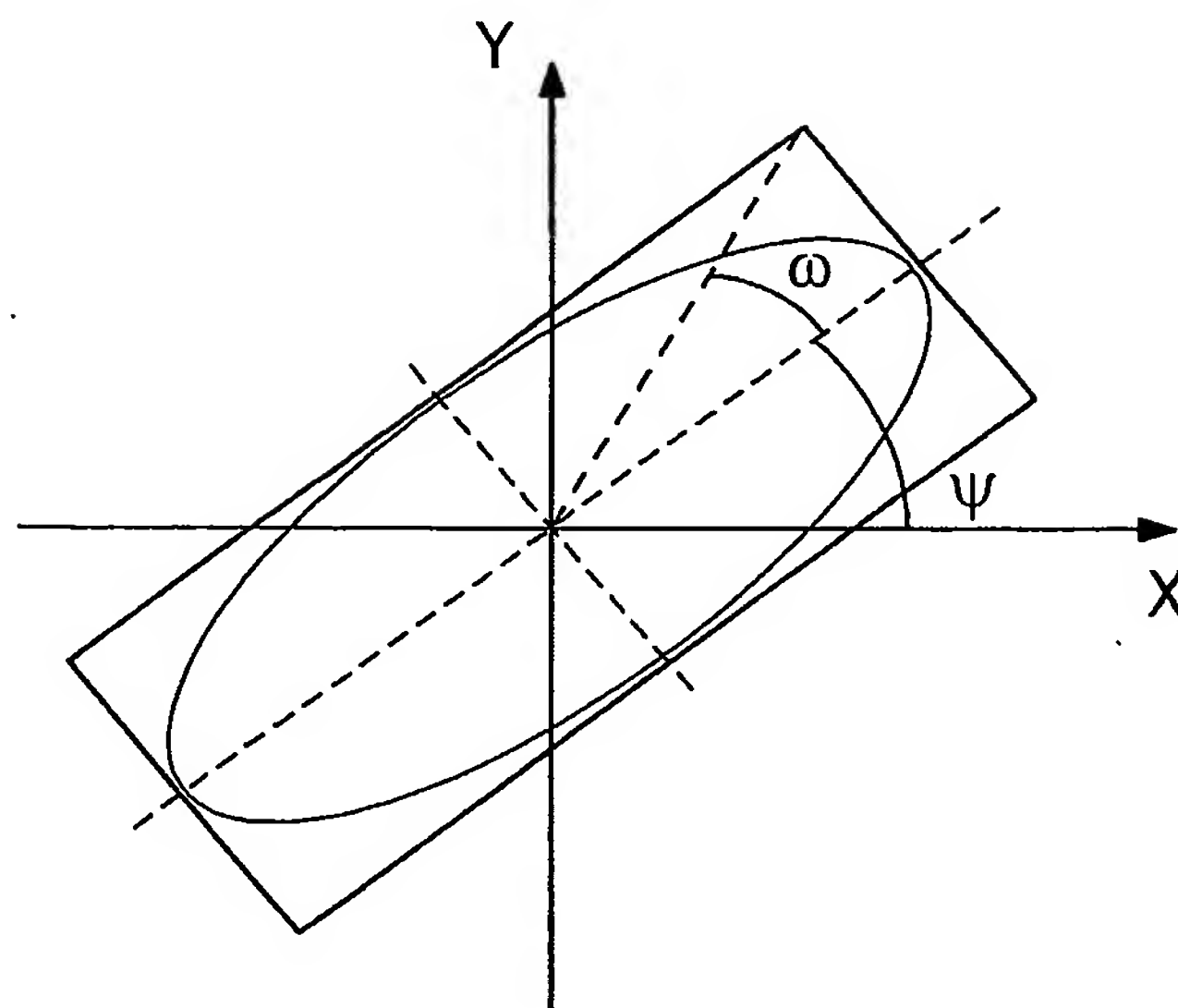
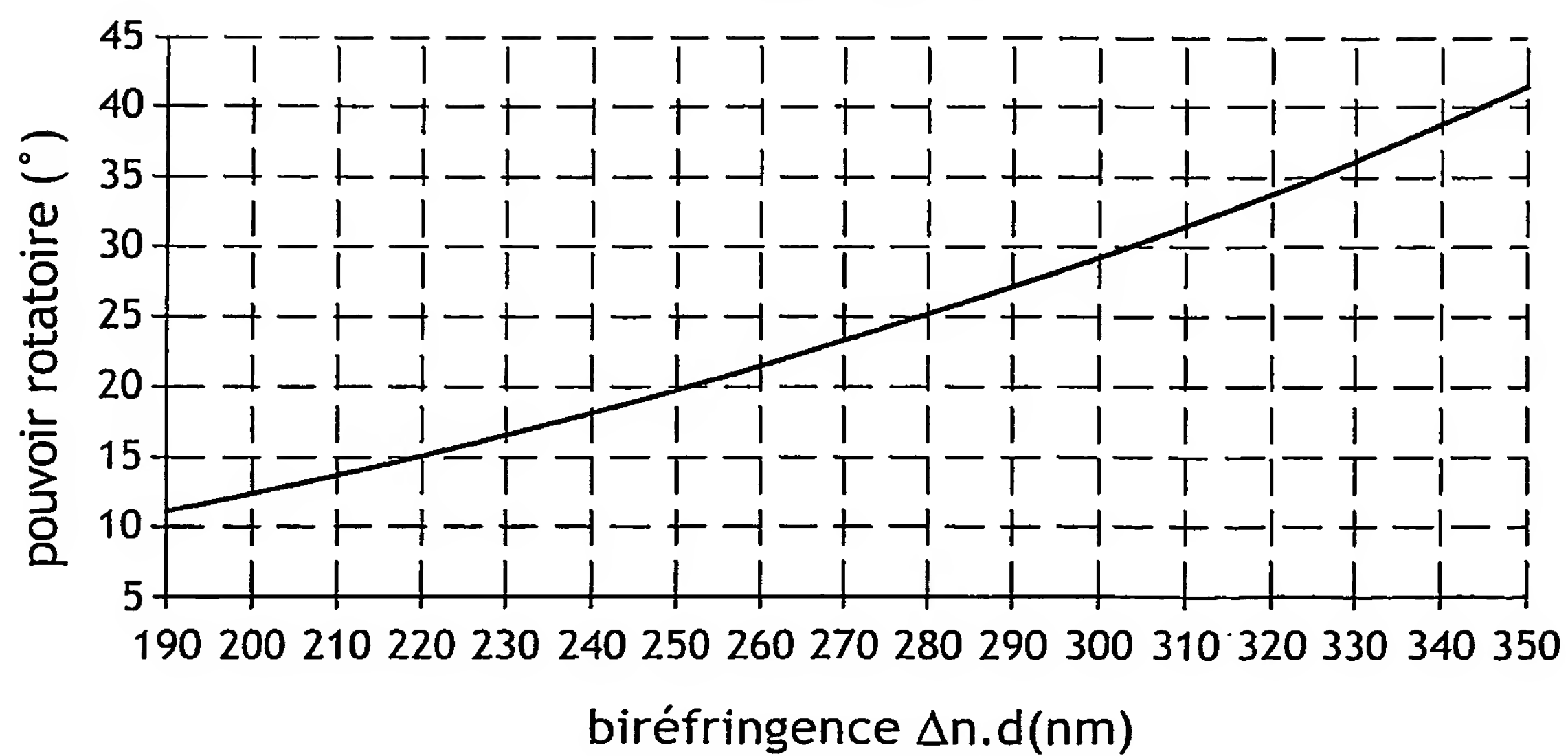
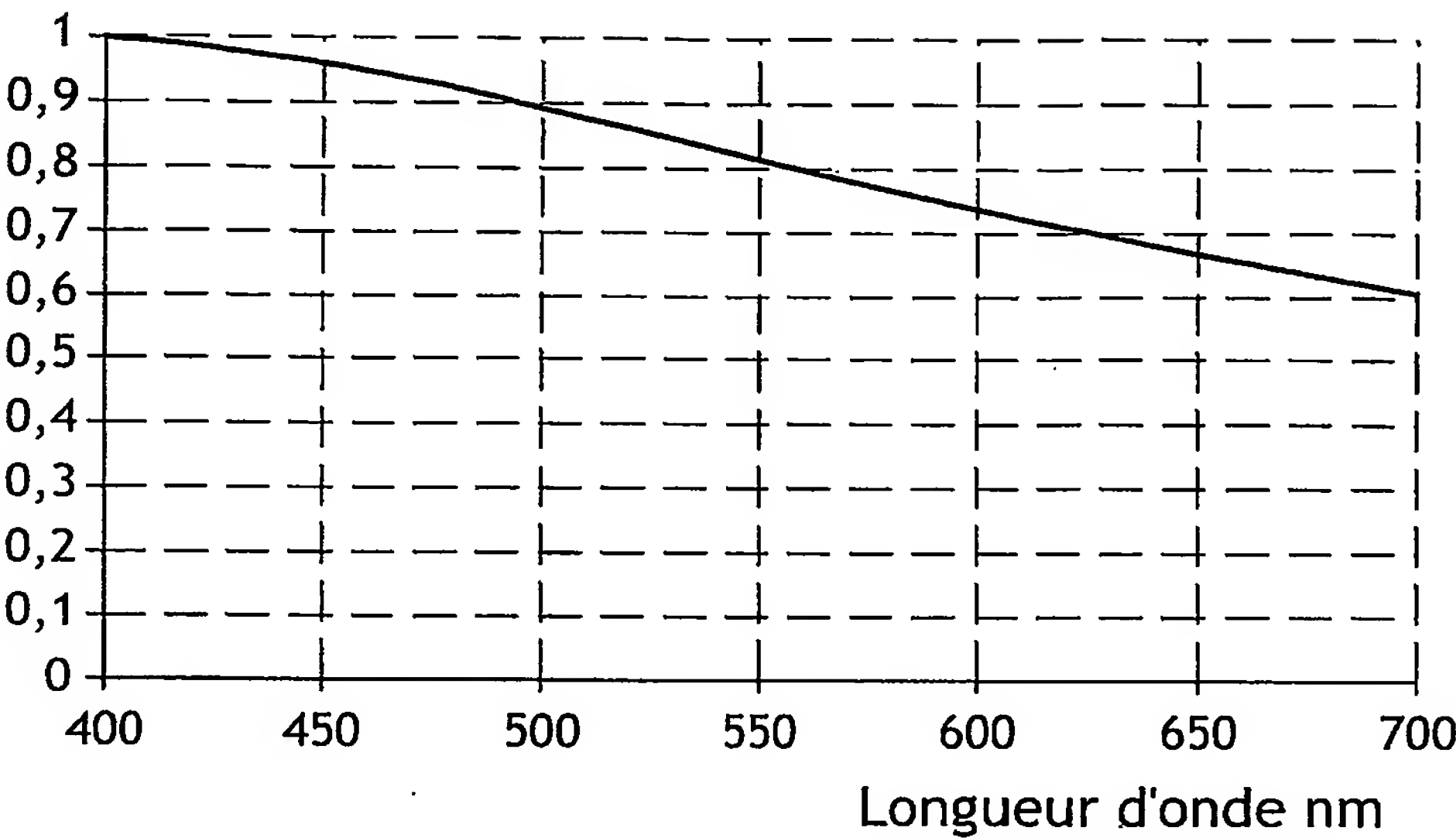
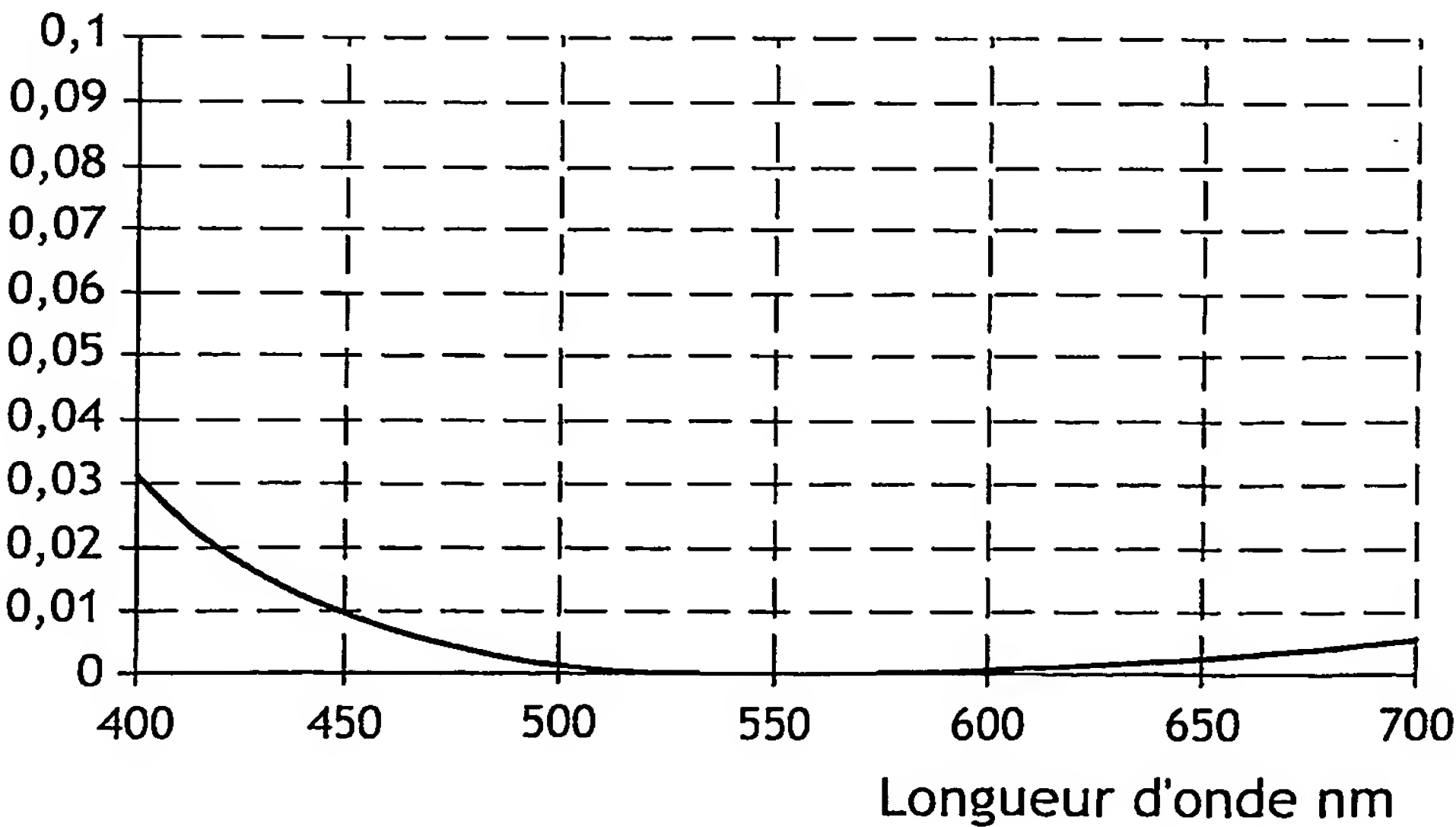
FIG.3FIG.4PR° pour Φ_{opt} 

FIG.5

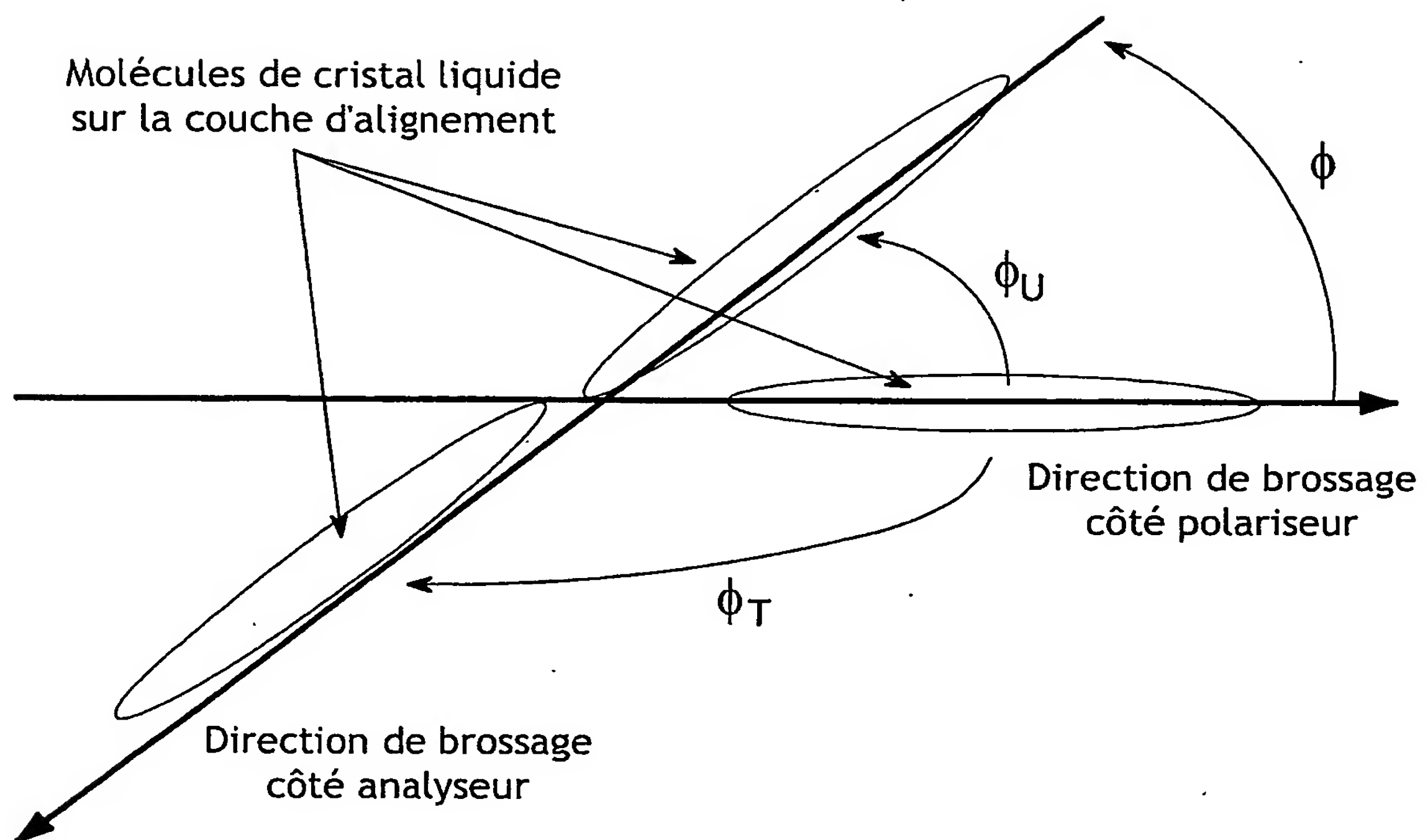
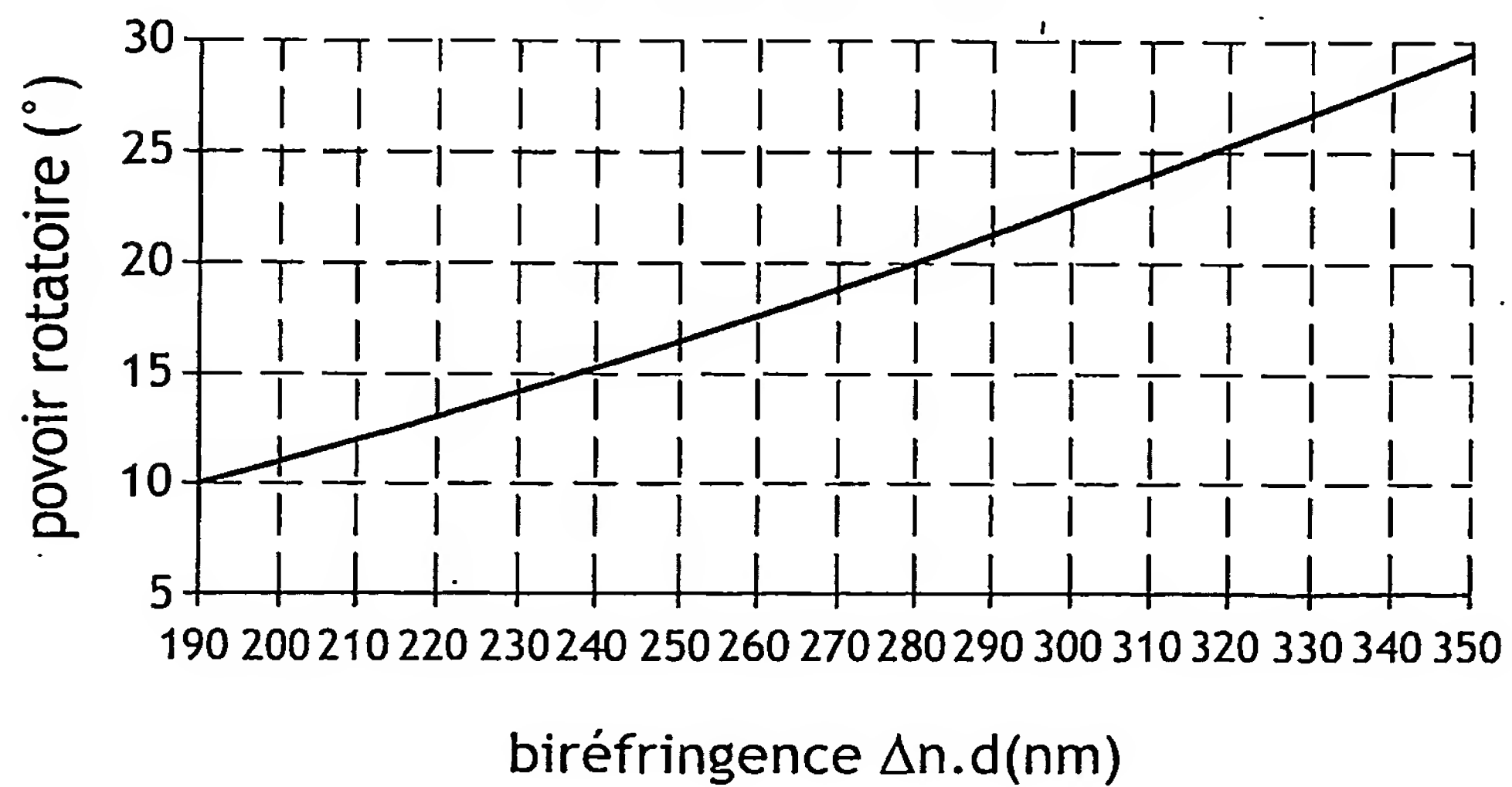
5a



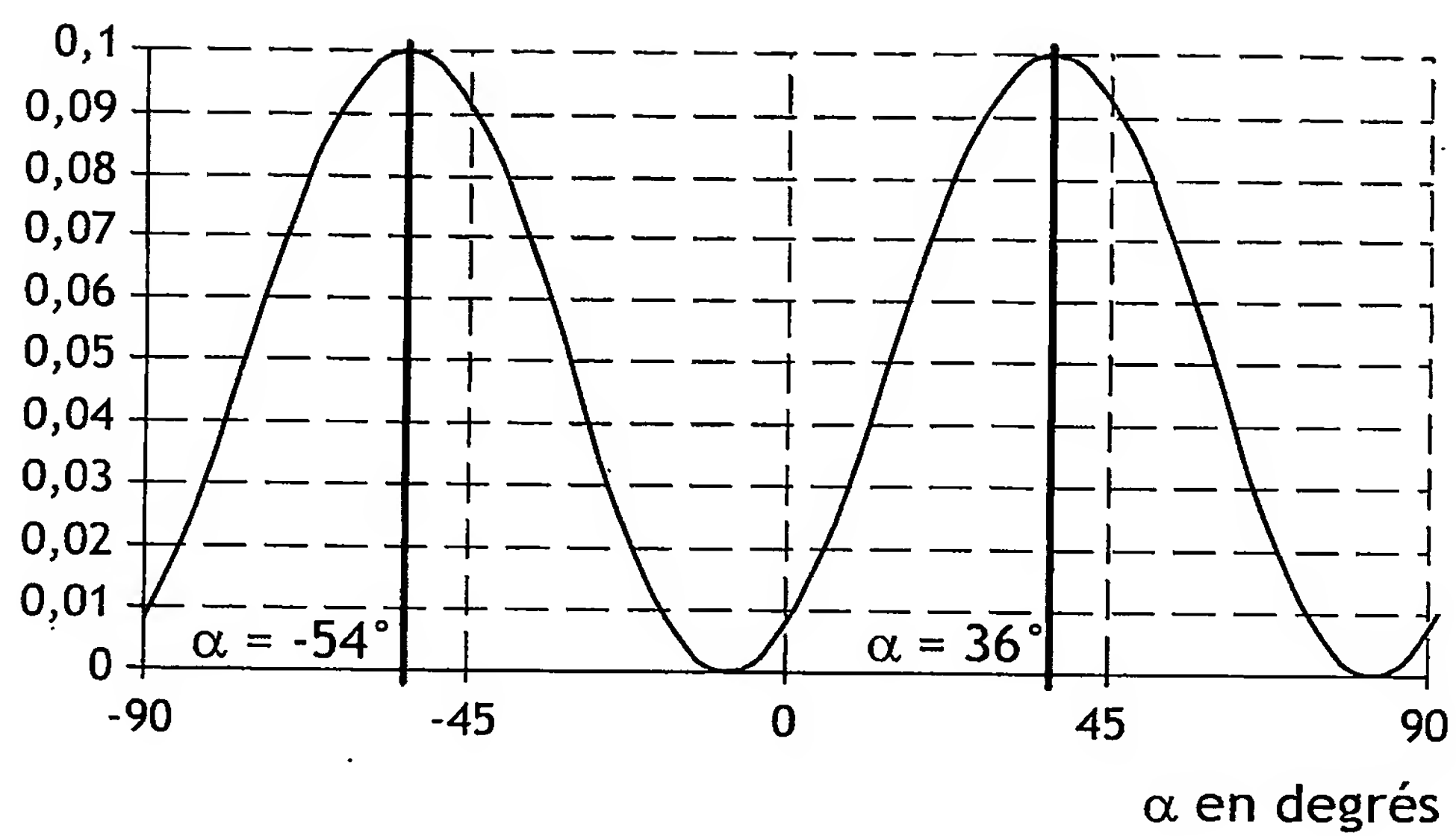
5b



5 / 9

FIG.6FIG.7PR° pour $\Phi = -180^\circ$ 

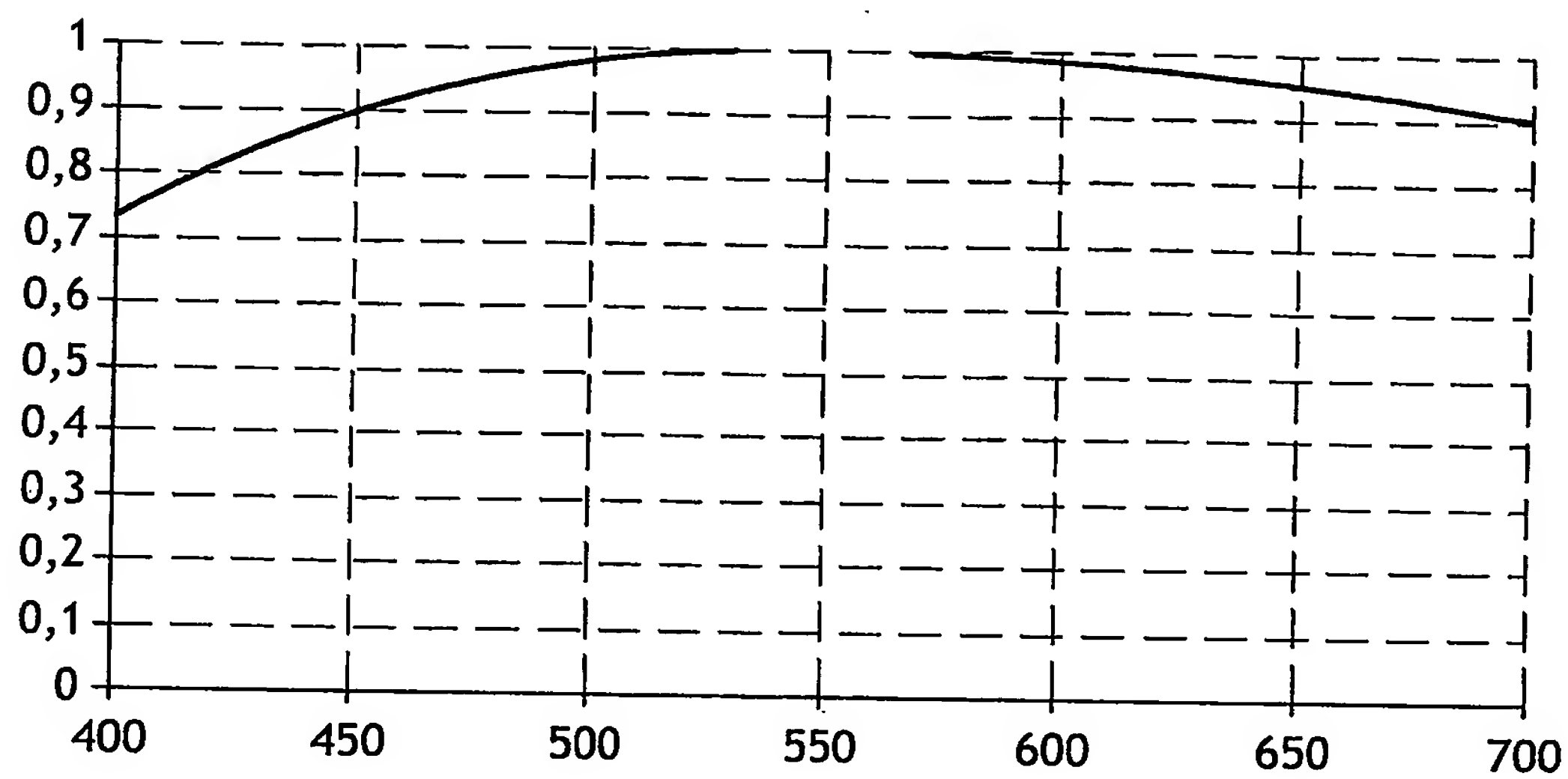
6 / 9

FIG.8

7 / 9

FIG.9

9a



9b

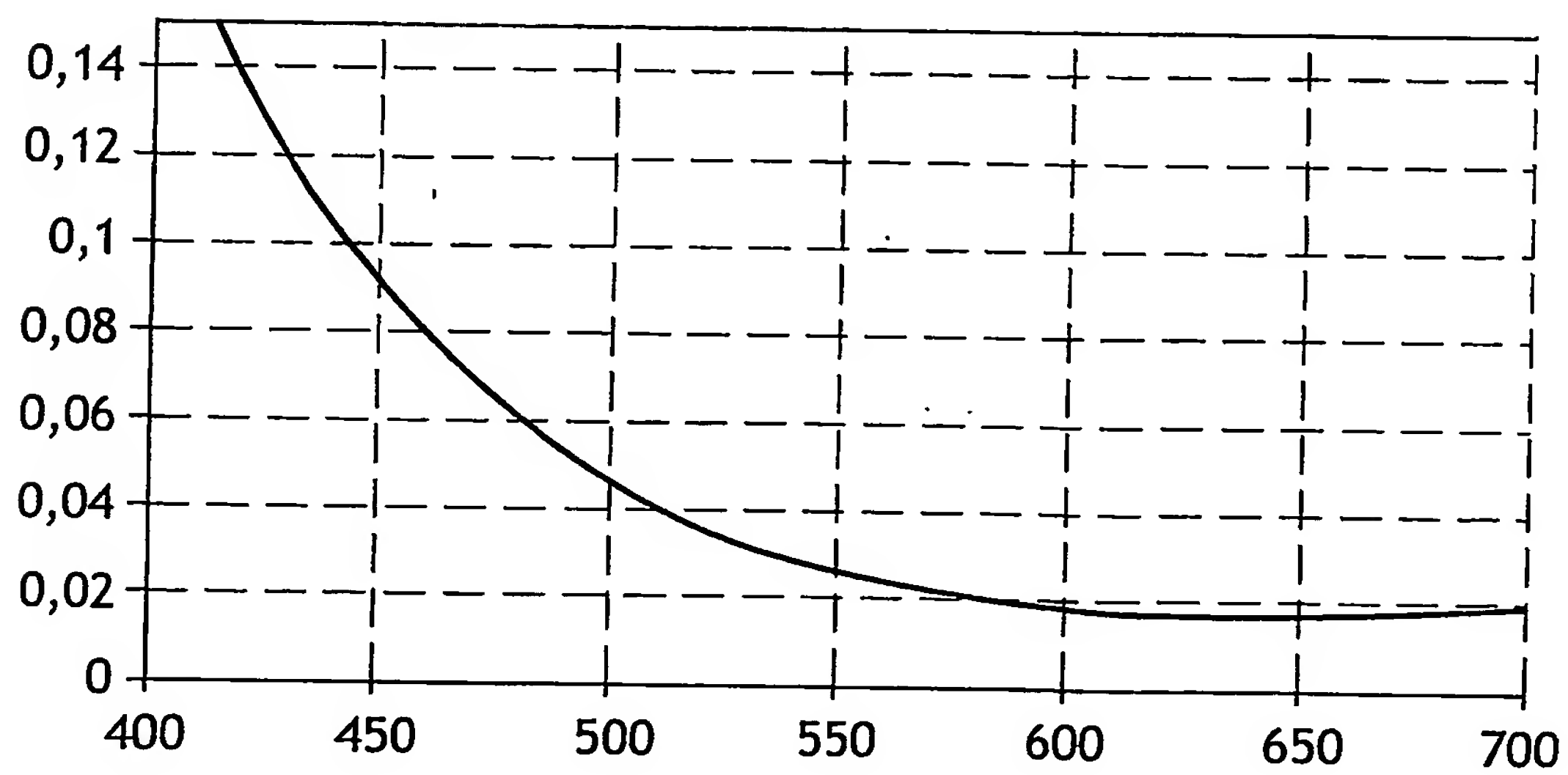
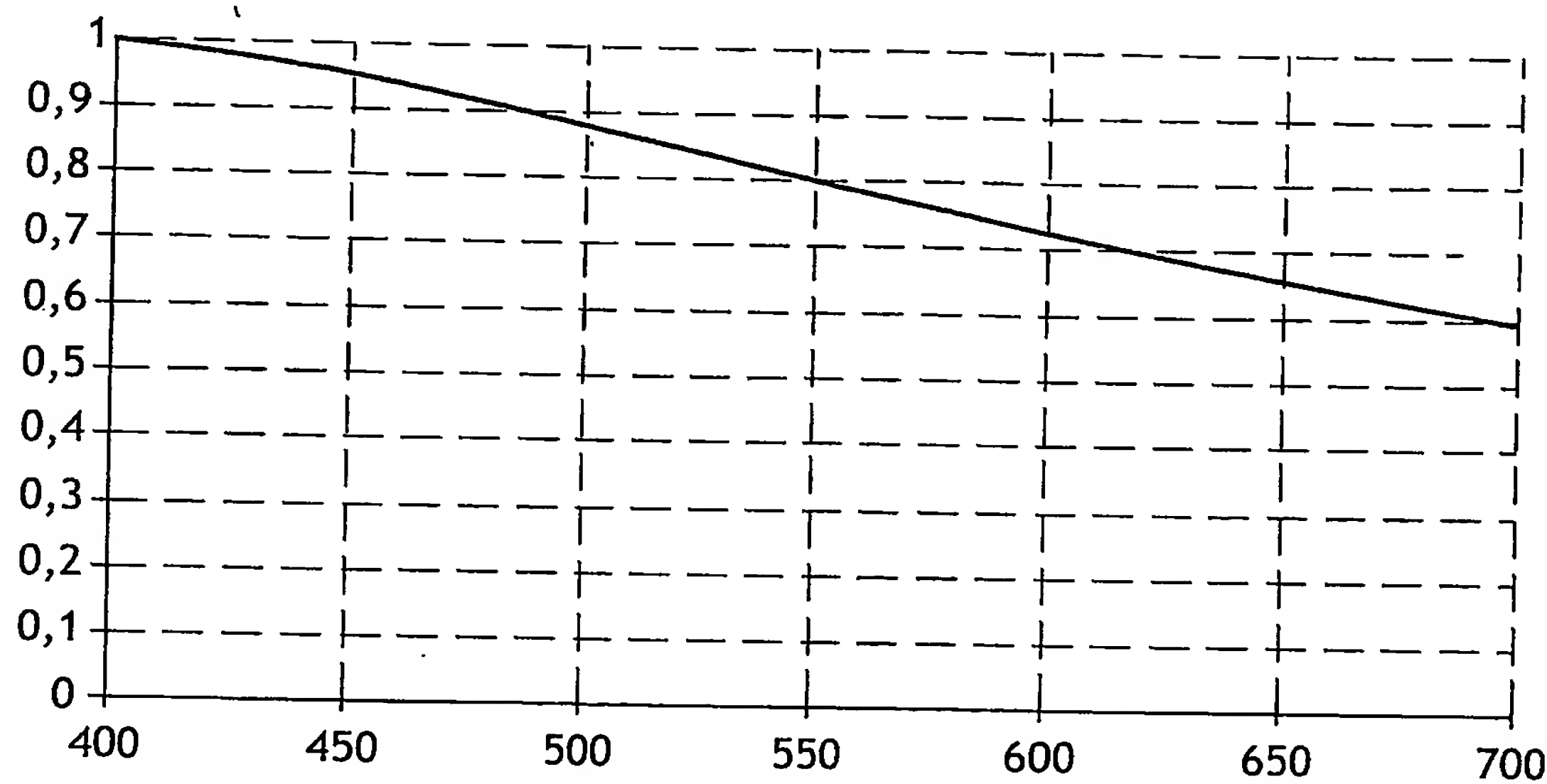
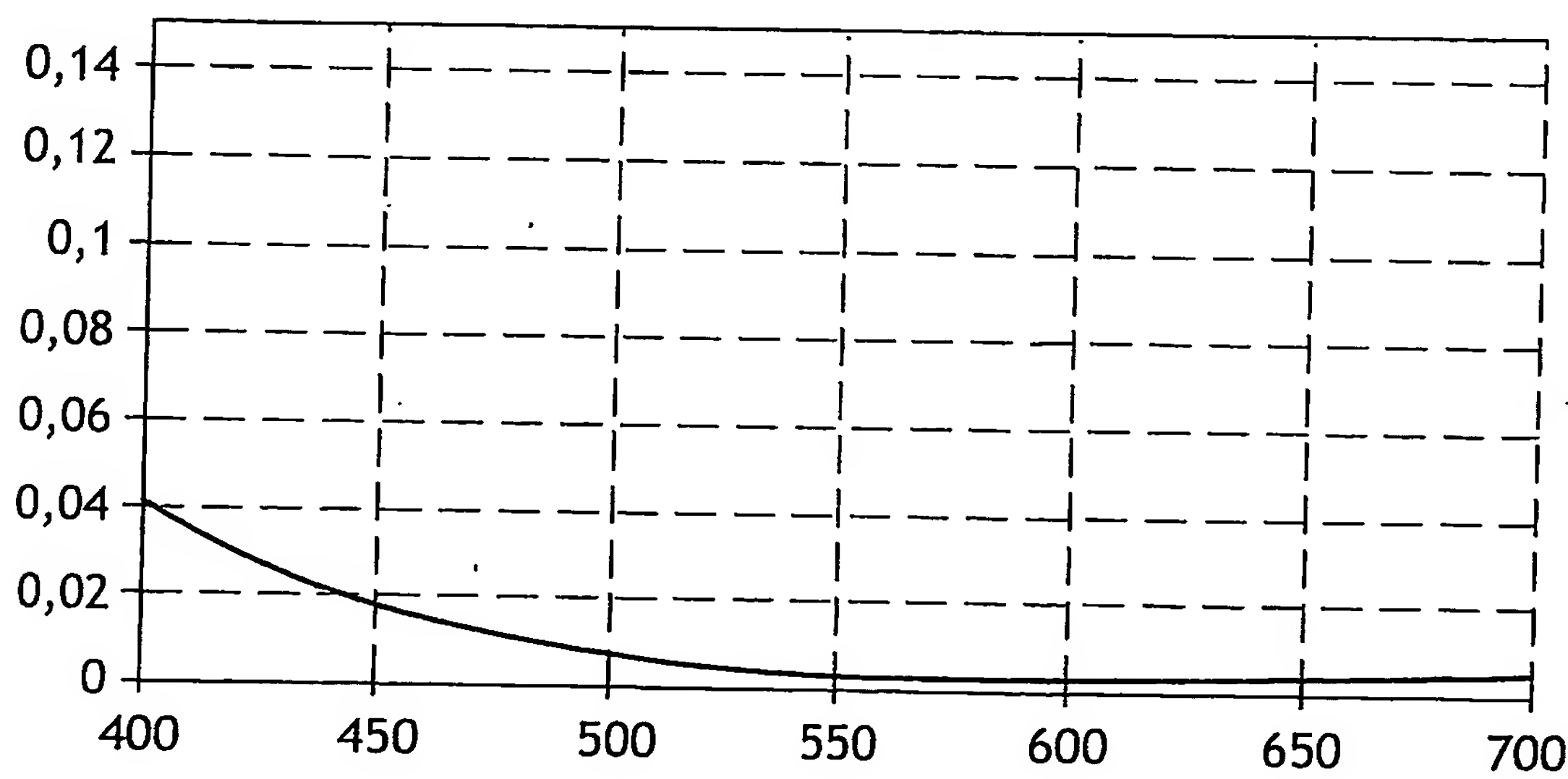


FIG.10

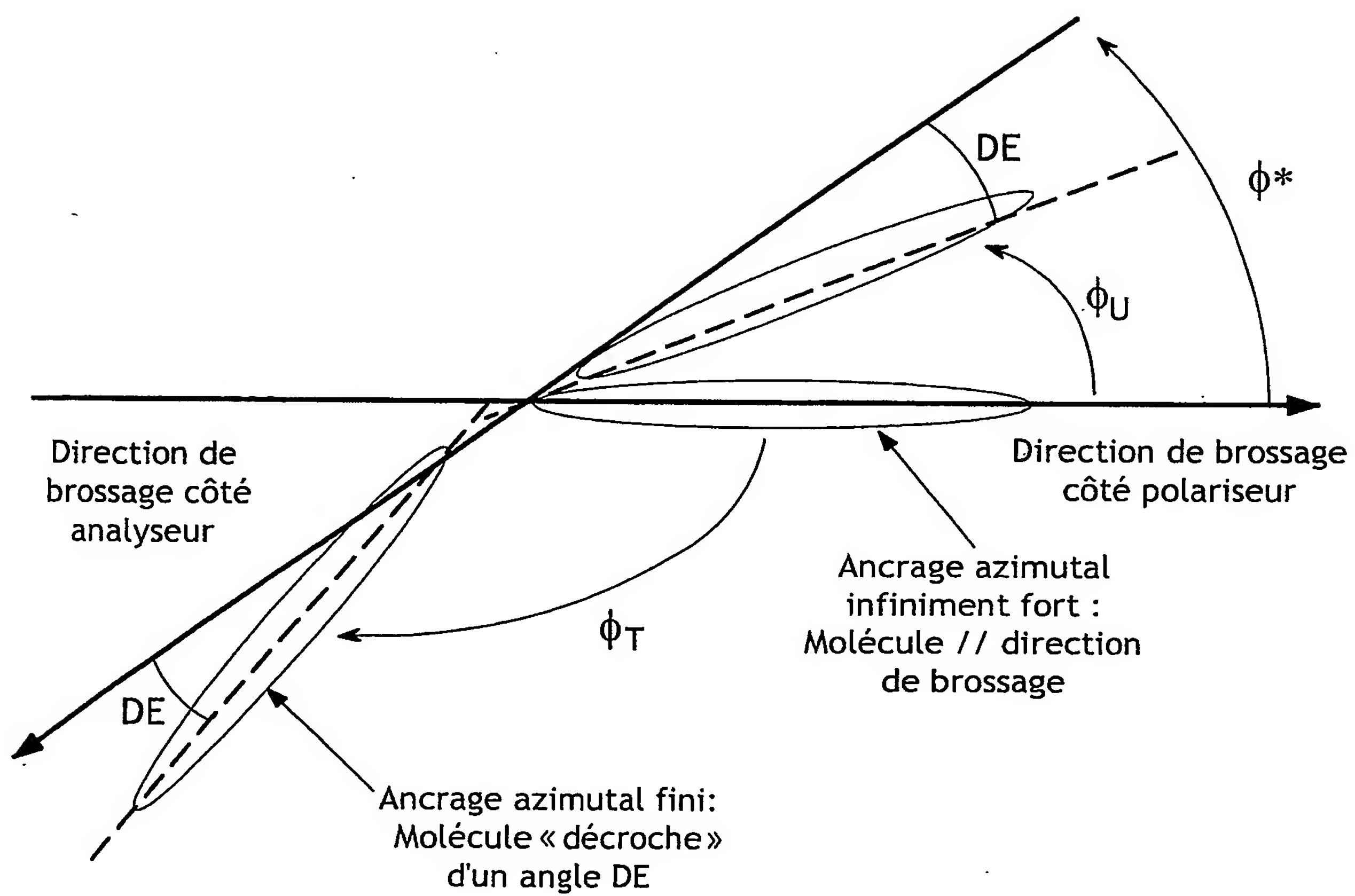
10a



10b



9 / 9

FIG.11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/003022

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02F1/139

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GUO J-X ET AL: "THREE-TERMINAL BISTABLE TWISTED NEMATIC LIQUID CRYSTAL DISPLAYS" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 77, no. 23, 4 December 2000 (2000-12-04), pages 3716-3718, XP000994273 ISSN: 0003-6951 cited in the application the whole document	1, 18
A	EP 1 026 542 A (JOHNSON TERENCE LESLIE ; VARINTELLIGENT BVI LTD (VG)) 9 August 2000 (2000-08-09) page 3, paragraph 11 - page 5, paragraph 28	1, 18
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 April 2005

Date of mailing of the international search report

28/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Diot, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/003022

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ZHUANG Z ET AL: "BISTABLE TWISTED NEMATIC LIQUID-CRYSTAL OPTICAL SWITCH" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 75, no. 19, 8 November 1999 (1999-11-08), pages 3008-3010, XP000875975 ISSN: 0003-6951 the whole document	1,18
A	MARTINOT-LAGARDE P ET AL: "The Binem(R) display, a nematic bistable device switched by surface anchoring breaking" PROCEEDINGS OF THE SPIE, SPIE, BELLINGHAM, VA, US, vol. 5003, 21 January 2003 (2003-01-21), pages 25-34, XP002317405 ISSN: 0277-786X the whole document	1,18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/003022

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1026542	A	09-08-2000	CA 2297872 A1	05-08-2000
			CN 1263277 A	16-08-2000
			EP 1026542 A2	09-08-2000
			JP 2000231100 A	22-08-2000
			KR 2000058023 A	25-09-2000
			SG 90089 A1	23-07-2002
			US 6573971 B1	03-06-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demanda Internacional No
PCT/FR2004/003022

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 7 G02F1/139		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 G02F		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	GUO J-X ET AL: "THREE-TERMINAL BISTABLE TWISTED NEMATIC LIQUID CRYSTAL DISPLAYS" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 77, no. 23, 4 décembre 2000 (2000-12-04), pages 3716-3718, XP000994273 ISSN: 0003-6951 cité dans la demande le document en entier	1,18
A	EP 1 026 542 A (JOHNSON TERENCE LESLIE ; VARINTELLIGENT BVI LTD (VG)) 9 août 2000 (2000-08-09) page 3, alinéa 11 - page 5, alinéa 28 ----- -/--	1,18
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe </div> </div>		
* Catégories spéciales de documents cités:		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>*E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>*L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>*O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>*P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>*X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>*Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>*Z* document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 18 avril 2005		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 28/04/2005
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Diot, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR2004/003022

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>ZHUANG Z ET AL: "BISTABLE TWISTED NEMATIC LIQUID-CRYSTAL OPTICAL SWITCH" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 75, no. 19, 8 novembre 1999 (1999-11-08), pages 3008-3010, XP000875975 ISSN: 0003-6951 le document en entier</p>	1,18
A	<p>MARTINOT-LAGARDE P ET AL: "The Binem(R) display, a nematic bistable device switched by surface anchoring breaking" PROCEEDINGS OF THE SPIE, SPIE, BELLINGHAM, VA, US, vol. 5003, 21 janvier 2003 (2003-01-21), pages 25-34, XP002317405 ISSN: 0277-786X le document en entier</p>	1,18

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/003022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1026542 A	09-08-2000	CA 2297872 A1	05-08-2000
		CN 1263277 A	16-08-2000
		EP 1026542 A2	09-08-2000
		JP 2000231100 A	22-08-2000
		KR 2000058023 A	25-09-2000
		SG 90089 A1	23-07-2002
		US 6573971 B1	03-06-2003